



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS FAKTOR RISIKO ERGONOMI PADA PEKERJAAN
PENGECORAN PLAT LANTAI, PROYEK PELEBARAN RUAS
TOL SEDYATMO TAHAP II**

TESIS

**Oleh:
DELVI YOLANDA
NPM. 0706189412**

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK, 2008

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
Tesis, Desember 2008**

Delvi Yolanda, 0706189412

**Analisis Faktor Risiko Ergonomi Pada Pekerjaan Pengecoran Plat Lantai,
Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II**

ix + 87 halaman, 5 tabel, 26 gambar, 2 lampiran

ABSTRAK

Para pekerja konstruksi seringkali dihadapkan pada kondisi terpapar faktor risiko terjadinya gangguan otot rangka. Smallwood (2002) membuat skor dan *ranking* 23 kegiatan konstruksi di Afrika Selatan pada tahun 1996 – 2001 menempatkan pekerjaan pengecoran dalam 3 teratas pekerjaan yang paling beresiko terhadap terjadinya gangguan otot rangka.

Pekerjaan pengecoran sarat dengan task-task yang masih menggunakan tenaga manual, merupakan suatu siklus yang berulang-ulang, dan bersifat kontinu dimana pekerjaan tidak boleh berhenti sebelum seluruh area yang direncanakan selesai dicor (durasi yang lama). Kondisi tersebut sangat berpeluang dalam mengembangkan risiko-risiko terjadinya gangguan terhadap sistem otot dan rangka. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis faktor risiko terutama terhadap risiko pada otot dan rangka pada pekerjaan pengecoran agar dapat ditetapkan program pengendalian risiko yang tepat untuk menghilangkan atau meminimalisasi risiko tersebut.

Metode penelitian ini adalah kualitatif dengan desain deskriptif, dimana peneliti mengumpulkan data dengan melakukan observasi langsung di lapangan dengan mengamati setiap *task* pada kegiatan pengecoran. Data observasi juga didukung dengan pengambilan foto dan video.

Ada 8 (delapan) task dalam pekerjaan pengecoran yang menjadi diobservasi oleh peneliti, yaitu uji slump, menyambung pipa pompa, menuangkan beton, memadatkan beton dengan sistem vibrasi, menyebarkan beton, meratakan permukaan beton, merapikan permukaan beton, dan menggarisi permukaan beton. Hasil penelitian memperlihatkan adanya beberapa faktor risiko yang terjadi pada pekerjaan pengecoran, yaitu postur janggal (5 *tasks*), gerakan repetitive (6 *tasks*), pengerahan tenaga berlebihan (2 *tasks*), getaran (1 *task*) dan *contact stress* (1 *task*). Dari faktor risiko tersebut, *task* yang diketahui beresiko dapat menyebabkan gangguan otot rangka adalah task menyambung pipa pompa, menuangkan beton, memadatkan beton dengan sistem vibrasi, menyebarkan beton, dan merapikan permukaan beton. Sedangkan task uji slump, meratakan permukaan beton dan menggarisi permukaan beton tidak beresiko menyebabkan gangguan otot rangka karena durasinya yang pendek.

Kata kunci:

Ergonomi, *task*, faktor risiko, pengecoran, gangguan otot rangka

Daftar bacaan : 29 (1989 s.d 2007)

**OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PROGRAM
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
Thesis, December 2008**

Delvi Yolanda, 0706189412

**Analysis of Ergonomics Risk Factors of Concreting Tasks for Sedyatmo Road
Enlargement, Phase-II Project**

ix + 87 pages, 5 tables, 26 pictures, 2 appendices

ABSTRACT

Construction worker are mostly exposed with the risk factors of musculoskeletal disorders. Smollwood (2002) had scored and ranked the 23 of the construction's jobs in South Africa within 1996 – 2001, and placed the concreting task as the top three of the riskiest task for developing musculoskeletal disorders.

The nature of concreting works are still doing the manual task, as the repetitive circle of work, and lasting continuously, where the work cannot be stopped before finished all of the planned area (long duration). These conditions lead the jobs in increasing the risk for developing musculoskeletal disorders. So that, it is necessary to analyze the ergonomic's risk factors particularly in musculoskeletal disorders risk in concreting jobs, as the point in developing the required control programs to eliminate or minimize those risks.

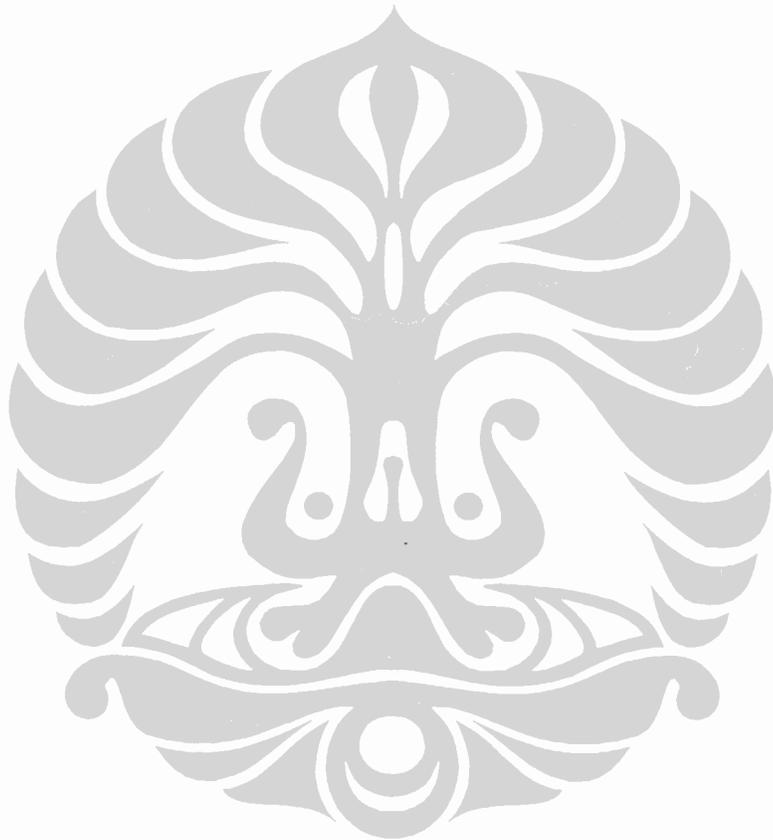
This research is a descriptive research design with the qualitative method, in which the reasercher conducted the direct observation at the field by observed each concreting task. This observation was also supported with photos and videos.

Eight tasks in concreting had been observed by reasercher, those are: slump test, joining the pump's pipes, concrete pouring, vibrating, concrete spreading, concrete leveling, concrete finishing, and concrete lining. The results shown some risk factors founded in concreting jobs, those are: aukward postures (5 tasks), repetitive movement (6 tasks), overexertion (2 tasks), vibrating (1 task), dan contact stress (1 task). From the risk factors, it is founded that the tasks in which increasing the risk of musculoskeletal disorders are: joining the pump's pipes, concrete pouring, vibrating, concrete spreading, and concrete finishing. While, the slump test, concrete leveling, and

concrete lining were not increasing the risk of musculoskeletal disorders because of its short duration.

Key words: Ergonomic, task, risk factor, concreting, musculoskeletal disorders

Reference : 29 (1989 - 2007)





UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS FAKTOR RISIKO ERGONOMI PADA PEKERJAAN
PENGECORAN PLAT LANTAI, PROYEK PELEBARAN RUAS
TOL SEDYATMO TAHAP II**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master
Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

**Oleh:
DELVI YOLANDA
NPM. 0706189412**

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK, 2008

PERNYATAAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul

ANALISIS FAKTOR RISIKO ERGONOMI PADA PEKERJAAN PENGECORAN PLAT LANTAI, PROYEK PELEBARAN RUAS TOL SEDYATMO TAHAP II

Telah disetujui, diperiksa dan dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tesis Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Depok, 22 Desember 2008

Pembimbing



(dr. Chandra Satrya, MApp.Sc)

Panitia Sidang Ujian Tesis Magister
Program Pasca Sarjana
Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Universitas Indonesia
Depok, 22 Desember 2008

Ketua



(dr. Chandra Satrya, MAppSc)

Anggota



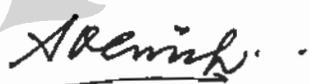
(Drs. Psi. Ridwan Z. Syaaf, MPH)

Anggota



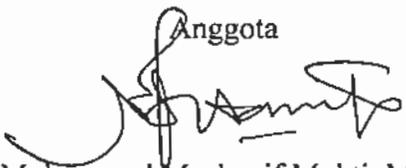
(DR. Robiana Modjo, SKM, MKes)

Anggota



(dr. Tata Soemitra, DIH, MHSc)

Anggota



(Ir. Muhammad Mushanif Mukti, MKKK)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Delvi Yolanda
NPM : 0706189412
Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Angkatan : 2007
Jenjang : Magister K3

menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi/tesis/disertasi saya yang berjudul :

**Analisis Faktor Risiko Ergonomi Pada Pekerjaan Pengecoran Plat Lantai,
Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II.**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 22 Desember 2008



(Delvi Yolanda)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Delvi Yolanda
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 14 Desember 1979
Alamat : The Address Blok A/42, Jl. Leuwinanggung,
Cimanggis-Depok
Status keluarga : Menikah

PENDIDIKAN

1. SDN 371 Sungailiat lulus tahun 1992
2. SMPN 4 Sungailiat lulus tahun 1995
3. SMUN 39 Jakarta Timur lulus tahun 1998
4. Diploma III Teknik Sipil, Politeknik Universitas Indonesia lulus tahun 2001
5. Sarjana Teknik Sipil, Universitas Jayabaya lulus tahun 2003
6. Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja,
Universitas Indonesia lulus tahun 2008

RIWAYAT PEKERJAAN

1. QMS Konsultan PT. Bitama Krida Indonesia (2001 – 2005)
2. QMS Konsultan PT. Karya Digna Indonesia (2006 – 2007)
3. *Freelance* QHSE Konsultan (2007 – sekarang)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Chandra Satrya, MApp.Se, atas kesabaran, pengertian dan dukungannya dalam memberikan bimbingan, arahan, masukan dan berbagai bantuan lainnya sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
2. Drs. Psi. Ridwan Z Sjaaf, MPH, selaku Kepala Departemen K3 FKM UI, atas masukan dan kesediaanya menguji pada tahap sidang akhir tesis.
3. DR. Robiana Modjo, SKM, MKes, atas masukan dan kesediaanya menjadi penguji pada tahap seminar hasil dan sidang akhir.
4. Hendra, SKM, MKKK, atas masukan dan kesediaanya menguji pada tahap pengajuan proposal tesis.
5. dr. Tata Soemitra, DIH, MHSe, atas masukan dan kesediaanya menguji pada tahap sidang akhir.
6. Ir. Muhammad Mursyanif Mukti, MKKK, atas masukan dan kesediaanya menguji pada tahap sidang akhir.
7. Arso Anggoro, ST, sebagai perwakilan perusahaan PT. Pembangunan Perumahan yang telah banyak membantu dalam pengumpulan data penelitian ini, dan sebagai suami atas perhatian dan kesabaran yang luar biasa dalam mendampingi dalam suka dan duka penulisan tesis ini.
8. Terimakasih yang tidak terhingga kepada orang tua kami mama Lina Lusiana atas doa yang tiada pernah putus dan pengorbanan waktu dan tenaga dalam mengasuh Ryo demikian sempurnanya sehingga penulis dapat menyelesaikan

tesis ini dengan tenang, dan papa Syamsidi atas bantuan moril dan materil sehingga penulis dapat menempuh pendidikan sampai tahap ini.

9. Buah hatiku Panji Aryo Pratama, untukmu mama tidak akan pernah berhenti bermimpi dan berkarya.
10. Norman, SKM, sebagai perwakilan dari PT. Pembangunan Perumahan atas semangat dan keikhlasannya membantu penulis melewati masa-masa paling sulit dalam penulisan tesis ini, *that's really mean a lot.*
11. Jonet, sebagai perwakilan dari PT. Pembangunan Perumahan atas bantuannya mengumpulkan data di lapangan.
12. Ira, Irma, Nur, *we are the Chandra's Angles*, teman seperjuangan, *thanks* atas *sharing-nya* ya.
13. Jefri, atas kesabaran dalam membantu urusan anak-anak sekelas yang aneh-aneh.
14. Pak Azil, Pak Made, Pak Ispranto, Pak Iman, Pak Otto, Bimo, Felix, Margie, Ellen, Laila, Firza, Teguh, Sofie, dan Chusni, *what a wonderful moment to be with you all.*
15. Seluruh civitas akademi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
16. Tim pengecoran dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan dalam kata pengantar ini yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun, *terimakasih...!*

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 22 Desember 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	Halaman
ABSTRAK	
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Pertanyaan Penelitian	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.4.1. Tujuan Umum	5
1.4.2. Tujuan Khusus	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1. Manfaat Bagi Instansi	6
1.5.2. Manfaat Bagi Peneliti	6
1.5.3. Manfaat Bagi Instutusi Pendidikan.....	6
1.6. Ruang Lingkup Penelitian.....	6

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Sejarah Ergonomi.....	8
2.2. Pengertian Ergonomi	9
2.3. Sistem Dalam Ergonomi	10
2.4. Ruang Lingkup Ergonomi	13
2.5. Gangguan Otot Rangka (MSDs)	15
2.6. Faktor Risiko Gangguan Otot Rangka	17
2.6.1. Postur Janggal	19
2.6.2. Pengerahan Tenaga (termasuk <i>manual handling</i>)	22
2.6.3. Repetisi atau Gerakan Berulang	26
2.6.4. Durasi.....	27
2.6.5. Getaran	28
2.6.6. <i>Contact Stress</i> atau Tekanan Kontak	29
2.6.7. Ukuran dan Bentuk Alat Kerja	29
2.6.8. Lingkungan Kerja	29
2.7. Pengendalian Faktor Risiko Ergonomi	30
2.7.1. Kontrol Keteknikan	30
2.7.2. Kontrol Adinistratif	31
2.7.3. Alat Pelindung Diri (APD)	32
 BAB III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL	 33
3.1. Kerangka Teori	33
3.2. Kerangka Konsep.....	34
3.3. Definisi Operasional	35
 BAB IV METODE PENELITIAN	 40
4.1. Jenis Penelitian	40
4.2. Lokasi dan Waktu	40
4.3. Objek Penelitian	40
4.4. Metode Pengumpulan Data	40
4.5. Alat Pengumpul Data	41

4.6.	Jenis Data	41
4.7.	Pengolahan Data	42
4.8.	Penyajian Hasil Penelitian	42
BAB V HASIL PENELITIAN		43
5.1.	Volume dan Waktu Pengecoran	43
5.2.	<i>Tasks</i> Pada Pengecoran	44
5.2.1.	Pelaksanaan Uji Slump	45
5.2.1.1.	Deskripsi Task	45
5.2.1.2.	Alat Yang Digunakan	46
5.2.1.3.	Lingkungan Kerja	47
5.2.1.4.	Temuan Faktor Risiko	47
5.2.2.	Menyambung Pipa Pompa	49
5.2.2.1.	Deskripsi Task	49
5.2.2.2.	Alat Yang Digunakan	49
5.2.2.3.	Lingkungan Kerja	50
5.2.2.4.	Temuan Faktor Risiko.....	50
5.2.3.	Menuangkan Beton Ke Area Pengecoran	52
5.2.3.1.	Deskripsi Task	52
5.2.3.2.	Alat Yang Digunakan	52
5.2.3.3.	Lingkungan Kerja	53
5.2.3.4.	Temuan Faktor Risiko.....	53
5.2.4.	Pemadatan Beton dengan sistem vibrasi.....	54
5.2.4.1.	Deskripsi Task.....	54
5.2.4.2.	Alat Yang Digunakan	55
5.2.4.3.	Lingkungan Kerja	55
5.2.4.4.	Temuan Faktor Risiko	56
5.2.5.	Menyebarkan Beton.....	58
5.2.5.1.	Deskripsi Task	58
5.2.5.2.	Alat Yang Digunakan	58
5.2.5.3.	Lingkungan Kerja	58
5.2.5.4.	Temuan Faktor Risiko.....	58

5.2.6.	Meratakan Permukaan Beton	61
5.2.6.1.	Deskripsi Task	61
5.2.6.2.	Alat Yang Digunakan	61
5.2.6.3.	Lingkungan Kerja	61
5.2.6.4.	Temuan Faktor Risiko	61
5.2.7.	Merapikan Permukaan Beton	63
5.2.7.1.	Deskripsi Task	63
5.2.7.2.	Alat Yang Digunakan	63
5.2.7.3.	Lingkungan Kerja	63
5.2.7.4.	Temuan Faktor Risiko	64
5.2.8.	Menggarisi Permukaan Beton	65
5.2.8.1.	Deskripsi Task	65
5.2.8.2.	Alat Yang Digunakan	66
5.2.8.3.	Lingkungan Kerja	66
5.2.8.4.	Temuan Faktor Risiko	66
BAB VI PEMBAHASAN		68
6.1.	Task Pengujian Slump	68
6.2.	Task Penyambungan Pipa	69
6.3.	Task Menuangkan Beton	71
6.4.	Task Memadatkan Beton Dengan Sistem Vibrasi	72
6.5.	Task Menyebarkan Beton	74
6.6.	Task Meratakan Permukaan Beton	76
6.7.	Task Merapikan Permukaan Beton	76
6.8.	Task Menggarisi Permukaan Beton	77
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		78
7.1.	Kesimpulan	78
7.2.	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		80

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel		Halaman
2.1.	Interaksi antar elemen dan evaluasi dalam <i>worksystem</i>	12
2.2.	Faktor risiko terhadap gerakan repetitif pada tubuh bagian atas	26
2.3.	Faktor Risiko Terhadap Durasi Menurut ERFM	27
2.4.	Faktor Risiko Terhadap Durasi Menurut REBA	28
3.1.	Definisi Operasional	36
5.1.	Faktor Risiko Uji Slump	49
5.2.	Faktor Risiko Penyambungan Pipa Pompa	52
5.3.	Faktor Risiko Penuangan Beton	54
5.4.	Faktor Risiko Kegiatan <i>Vibrating</i>	57
5.5.	Faktor Risiko Kegiatan Menyebarkan Beton	60
5.6.	Faktor Risiko Kegiatan Meratakan Permukaan Beton	62
5.7.	Faktor Risiko Kegiatan Merapikan Permukaan Beton	65
5.8.	Faktor Risiko Kegiatan Menggarisi Permukaan Beton	67

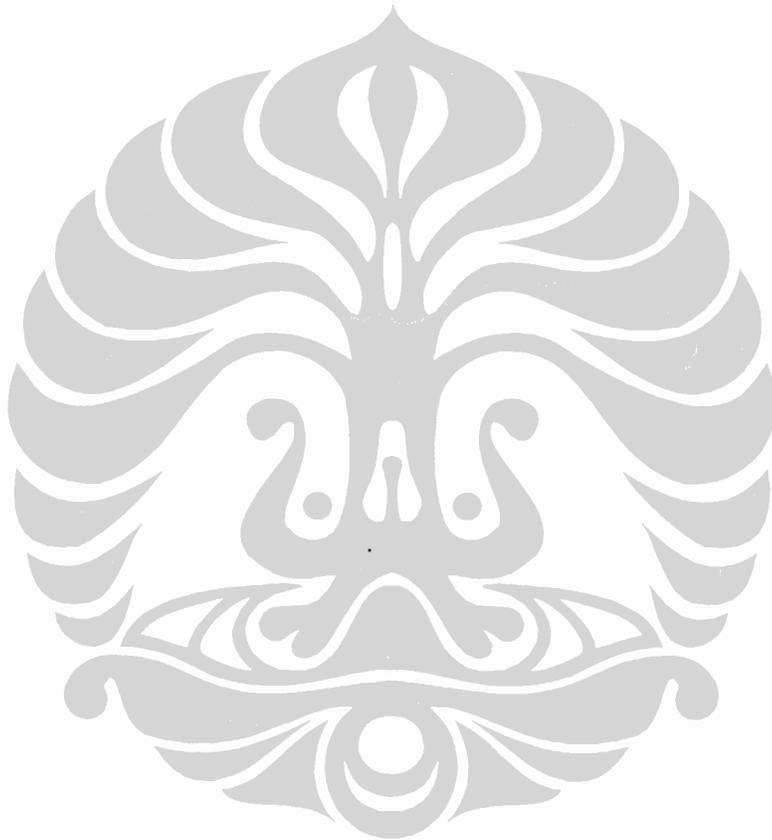
DAFTAR GAMBAR

Judul gambar	Halaman
2.1. Ergosistem Sederhana.....	11
2.2. Ergosistem Kompleks.....	11
2.3. Postur tangan dan pergelangan tangan yang menjadi faktor risiko.....	19
2.4. Postur siku yang menjadi faktor risiko.....	20
2.5. Postur bahu yang menjadi faktor risiko.....	20
2.6. Postur leher yang menjadi faktor risiko.....	21
2.7. Postur tulang punggung yang menjadi faktor risiko.....	21
2.8. Postur kaki yang menjadi faktor risiko.....	22
2.9. Rekomendasi beban untuk pengangkatan (<i>lifting</i>).....	24
3.1. Kerangka Teori Sistem Ergonomi.....	34
3.2. Kerangka Konsep.....	34
5.1. Cetakan Untuk Uji Slump.....	46
5.2. Postur Pengujian Slump.....	48
5.3. Penyambungan Pipa Pompa.....	51
5.4. Mengarahkan penuangan beton.....	54
5.5. Belalai vibrator.....	55
5.6. Kegiatan memberi getaran pada beton.....	57
5.7. Kegiatan menyebarkan beton.....	60
5.8. Kegiatan meratakan permukaan beton.....	62
5.9. Ruskam.....	63
5.10. Merapikan permukaan beton.....	64
5.11. Menggarisi beton.....	66
7.1. Penggunaan <i>Skid Plate</i>	81
7.2. <i>Concrete Screeding</i>	82
7.3. Modifikasi ruskam dengan tangkai panjang.....	82
7.4. Penggunaan bantalan bahu.....	83
7.5. Sarung tangan untuk meredam getaran lokal.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A – Gambaran Umum Proyek dan Pekerjaan Pengecoran

Lampiran B – Foto-Foto Pengecoran



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proyek konstruksi sipil terus meningkat pesat seiring dengan kebutuhan infrastruktur untuk mendukung program-program pembangunan di segala sektor di Indonesia. Menurut Ketua Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK) Sulistijo yang dikutip dari koran Sinar Harapan (Kamis, 5/7/2007), bahwa pasar konstruksi di Indonesia adalah terbesar ketiga di dunia setelah China dan India, dengan nilai proyek pada tahun 2007 mencapai Rp 250-350 triliun.

Proyek konstruksi memiliki karakteristik yang bersifat unik karena lingkup dan lokasinya selalu berbeda antara satu dengan yang lainnya, serta dibatasi oleh waktu. Selain itu, proyek konstruksi juga merupakan pekerjaan yang sangat kompleks yang melibatkan banyak pekerja, berbagai macam jenis material dan alat, dan lokasi kerja yang bervariasi bahkan cenderung berbahaya, seperti bekerja di ketinggian, tempat-tempat tertutup, bawah tanah, dan lain-lain. Dengan kondisi tersebut, maka pada proyek konstruksi terdapat banyak variasi bentuk interaksi antara manusia, mesin dan lingkungan dalam setiap *task* pekerjaan.

Interaksi antara manusia dengan *task*, mesin dan lingkungan yang membebani secara berlebihan melampaui batas kemampuan manusia sehingga dapat menimbulkan risiko-risiko terhadap kesehatan dan keselamatan, atau dikenal sebagai risiko ergonomi. Beban-beban yang dimaksud dapat berupa beban fisik, kognitif dan psikososial bagi pekerja. Efek terhadap fisik manusia seringkali dikaitkan dengan gangguan otot rangka, efek terhadap kognitif dapat menjadi

sumber penyebab human error, dan efek terhadap psikososial menyebabkan pekerja menjadi depresi, tidak bersemangat, tidak mempunyai motivasi dan penyakit psikososial lainnya. Semua efek-efek tersebut pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kualitas hidup pekerja dan penurunan produktivitas dalam pekerjaan.

Pekerjaan pada proyek konstruksi banyak didominasi oleh pekerjaan yang mengandalkan kekuatan dan ketahanan fisik manusia, terutama untuk pekerja pada level kuli/buruh bangunan, seperti mengangkat/memindahkan material yang berat, menggerakkan tangan dan pergelangan tangan, bekerja dengan berlutut/jongkok, bekerja dengan posisi mendongak, serta menggunakan berbagai bentuk dan ukuran alat. Material yang berat dan/atau dengan bentuk dan ukuran yang tidak proporsional juga dapat menimbulkan masalah *manual handling*. Oleh sebab itu, faktor risiko ergonomi terhadap fisik manusia lebih signifikan terjadi pada proyek-proyek konstruksi. Banyak *tasks* pada pekerjaan konstruksi yang menyebabkan risiko gangguan otot rangka yang cukup signifikan bagi pekerjanya (Gibbons dan Heeker, 1999).

Ada 4 faktor yang dapat meningkatkan timbulnya gangguan otot rangka yaitu posture yang tidak tepat, tenaga yang berlebihan, pengulangan berkali-kali, dan lamanya waktu kerja (OHSCOs, 2007). Gangguan otot rangka terjadi karena faktor-faktor penyebab yaitu tingginya tingkat repetisi, postur yang janggal, dan kurangnya waktu istirahat (*Silverstein et al.*, 1996; *Putz-Anderson*, 1988; *Silverstein et al.*, 1986).

Meyers dan Pegula dari *Bureau of Labor Statistics of United State* menyatakan bahwa pada tahun 2004 terdapat 38,970 injuri berupa gangguan otot rangka, meningkat dari tahun 2003 yaitu sebesar 37,190, dan 10% dari semua kasus

gangguan otot rangka pada tahun 2004 terjadi pada sektor konstruksi. Jumlah injuri pada tubuh bagian belakang pada kegiatan konstruksi di Amerika lebih tinggi sampai dengan 50% dari rata-rata semua industri lainnya di Amerika Serikat pada tahun 1999 (CPWR, 2002).

Mengutip artikel yang dimuat oleh *Laborers' Health & Safety Fund Of North America* dalam websitenya www.lhsfna.org, dinyatakan bahwa 40% dari pekerja konstruksi menyatakan bahwa mereka bekerja dalam keadaan sakit pada sistem otot rangka-nya. Sakit pada pundak, leher, lengan dan tangan adalah gejala yang paling sering dilaporkan para pekerja (Cook et al, 1996).

Dari segi biaya, klaim pekerja akibat gangguan otot rangka pun relative cukup besar. Di Amerika Serikat, tercatat klaim kompensasi akibat insiden dalam pengangkatan barang secara manual mencapai 32% pekerja dari sektor konstruksi dan biaya yang dikeluarkan terhadap klaim-klaim tersebut mencapai 25% dari total biaya semua klaim, dengan rata-rata biaya perklaim adalah \$9,240 (CNA, 2000).

Di Indonesia sendiri belum ada data statistik yang secara spesifik menyebutkan jumlah laporan penyakit akibat kerja yang disebabkan faktor ergonomi. Namun data yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Pelayanan Medis dalam sebuah situs internet www.yanmedik-depkes.net/statistik_rs_2007/seri3/narasi/13.doc memperlihatkan bahwa distribusi penyakit-penyakit sistem otot rangka dan jaringan ikat di Indonesia pada tahun 2006 untuk pasien rawat inap mencapai 22.780 dan untuk rawat jalan mencapai 281.562 orang.

Salah satu pekerjaan yang mempunyai faktor risiko yang cukup tinggi terhadap terjadinya gangguan otot rangka pada proyek konstruksi adalah pekerjaan pengecoran (*concreting*). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh John

Smallwood terhadap perusahaan konstruksi di Afrika Selatan pada tahun 1996 – 2001 yang membuat skor dan me-*rangking* 23 kegiatan konstruksi dengan risiko ergonomi, pekerjaan pengecoran menempati posisi ke-3 (tiga) teratas setelah pekerjaan penggalian (*excavating*) dan bekisting (*forwork*). Hal ini disebabkan karena beberapa *task* pekerjaan pengecoran masih menggunakan tenaga manual (*physical demand*), merupakan suatu siklus yang berulang-ulang (*repetitive*), dan bersifat kontinu dimana pekerjaan tidak boleh terhenti sebelum seluruh area yang ditetapkan selesai dicor (*long duration*). Dengan kombinasi antara beban fisik, reptitif, dan durasi tersebut menyebabkan potensi terjadinya gangguan otot rangka cukup besar bagi pekerja pengecoran.

Oleh sebab itu, dalam tesis ini peneliti tertarik untuk menganalisis lebih mendalam mengenai faktor-faktor risiko ergonomi yang dapat terjadi pada pekerjaan pengecoran.

1.2. Rumusan Masalah

Sebagaimana diuraikan pada latar belakang penelitian, bahwa pekerjaan pengecoran sarat dengan task-task yang masih menggunakan tenaga manual, merupakan suatu siklus yang berulang-ulang, dan bersifat kontinyu dimana pekerjaan tidak boleh terhenti sebelum seluruh area yang direncanakan selesai dieor (durasi yang lama). Kondisi tersebut sangat berpeluang dalam mengembangkan risiko-risiko terjadinya gangguan terhadap sistem otot dan rangka. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis faktor risiko terutama terhadap risiko pada otot dan rangka pada pekerjaan pengecoran agar dapat ditetapkan program pengendalian risiko yang tepat untuk menghilangkan atau meminimalisasi risiko tersebut.

1.3. Pertanyaan Penelitian

1. Faktor risiko gangguan otot rangka apa saja yang terjadi pada pekerjaan pengcoran plat pada Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II?
2. Apa penyebab terjadinya faktor risiko tersebut ditinjau dari aspek peralatan, *task*, dan lingkungan kerja?
3. Bagaimana pengendalian yang perlu dilakukan dalam mengatasi permasalahan terkait dengan gangguan otot rangka?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui interaksi antara *task*, peralatan, dan lingkungan kerja yang berkontribusi memunculkan faktor risiko ergonomi pada pekerjaan pengecoran plat lantai, Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II.

1.4.2. Tujuan Khusus

- 1). Untuk mengetahui faktor risiko gangguan otot rangka apa saja yang terjadi pada pekerjaan pengecoran plat pada Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II.
- 2). Untuk mengetahui penyebab terjadinya faktor risiko tersebut ditinjau dari aspek peralatan, *task*, dan lingkungan kerja.
- 3). Untuk memberikan saran pengendalian yang dibutuhkan dalam mengatasi permasalahan terkait dengan gangguan otot rangka.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat bagi Instansi

Manajemen PT. Pembangunan Perumahan (Persero) selaku kontraktor akan mendapatkan informasi mengenai efek dari desain metode pekerjaan yang dilaksanakan pada Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II, terhadap risiko gangguan otot rangka pada pekerjanya, dengan demikian dapat menjadi pertimbangan dalam menyusun program-program K3 yang lebih efektif dan efisien pada kedepannya.

1.5.2. Manfaat bagi peneliti

Memperdalam pengetahuan mengenai ilmu ergonomi khususnya mengenai analisis resiko suatu pekerjaan dalam hal ini pekerjaan proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II, terhadap risiko gangguan otot rangka, serta meningkatkan kemampuan dalam mengaplikasikan ilmu tersebut secara tepat dalam pekerjaan sehari-hari.

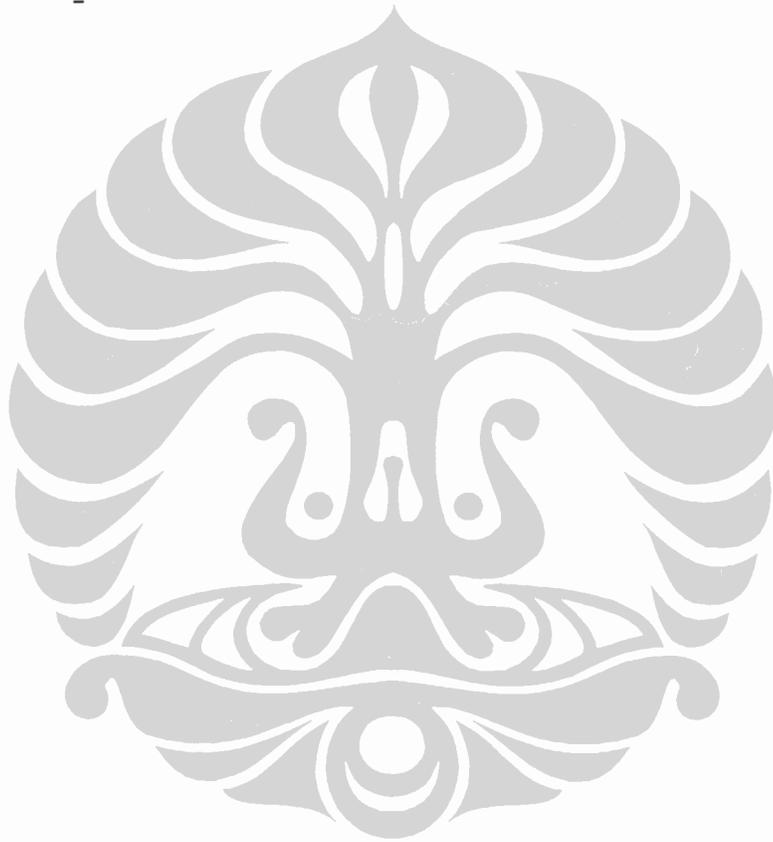
1.5.3. Manfaat bagi Institusi Pendidikan

Menambah informasi dan referensi bagi civitas akademika mengenai keberagaman masalah interaksi ergosistem terhadap faktor resiko gangguan otot rangka antara jenis pekerjaan satu dengan yang lainnya.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup analisis yang dilakukan oleh peneliti adalah meneliti faktor risiko ergonomi pada *tasks* pengecoran yang dapat berdampak terhadap kesehatan

fisik pekerja pada pengccoran plat lantai Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II dengan memperhatikan variable-variabel pada *task*, peralatan, dan lingkungan kerjanya. Penelitian dilakukan dalam kurun waktu dari bulan Oktober sampai dengan Desember tahun 2008.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sejarah Ergonomi

Konsep ergonomi pada dasarnya telah dipraktekkan sejak zaman prasejarah yaitu saat manusia mulai berfikir untuk mengembangkan peralatan dan fasilitas yang dapat memudahkan untuk melakukan aktivitas mereka (*Christensen, 1987*). Namun, ergonomi modern sebagai suatu disiplin ilmu baru mulai dikembangkan pada masa Perang Dunia I, dimana pada saat itu pendekatan yang dipakai adalah '*fitting the human to the task*'. Konsep ini diandasi oleh pemikiran bahwa produktivitas atau efisiensi dapat ditingkatkan dengan melakukan seleksi pada pekerja dengan perlengkapan dan pekerjaan yang ada. Oleh Amerika Serikat dan Inggris, hal ini diaplikasinya dengan melakukan seleksi dan pelatihan pada tentaranya untuk menyesuaikan dengan peralatan yang ada (ICAO).

Dalam perkembangannya ditemukan bahwa konsep tersebut tidak sepenuhnya dapat dioperasikan secara efektif dan aman. Terbukti dengan tingginya tingkat kecelakaan pesawat tempur Angkatan Udara AS pada Perang Dunia II dikarenakan pilot yang sulit mengenali kendali alat pendarat dengan kendali sayap pada keadaan panik. Berdasarkan pengalaman tersebut, maka dikembangkan konsep baru dalam ilmu ergonomi yaitu '*fitting the job to the man*'. Konsep '*fitting the job to the man*' ini menggunakan pendekatan filosofi dari ergonomi untuk mendisain pekerjaan/tugas yang sesuai dengan karakteristik pekerja. Tujuannya adalah tercapainya kesesuaian antara produk dan pnggunanya sehingga dapat berfungsi secara efisien, mudah, nyaman, sehat dan aman.

2.2. Pengertian Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, '*ergos*' yang berarti kerja dan '*nomos*' yang berarti aturan-aturan. Istilah tersebut dicetuskan oleh Profesor Hywell Murrell sebagai hasil pertemuan dengan partai pekerja pada tanggal 8 Juli 1949 di gedung Admiralty ruang 1101 kediaman Ratu Anne. (Pheasant, 1999)

Ergonomik atau ilmu ergonomi adalah ilmu yang mempelajari karakteristik (kemampuan/ kapabilitas, keterbatasan, motivasi dan tujuan) manusia dalam menentukan desain yang tepat bagi lingkungan kerja dan kehidupan pekerja sehari-hari (Plog, 1988).

Literatur lain mendefinisikan ilmu ergonomi sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan objek yang mereka gunakan serta lingkungan kerjanya. Dengan demikian elemen-elemen penting yang terlibat adalah manusia, objek/alat, lingkungan kerja dan interaksi diantara elemen-elemen tersebut (Pulat, 1997).

International Labour Office (ILO) mendefinisikan ergonomi sebagai aplikasi dari hubungan antara ilmu biologi manusia dengan ilmu keteknikan (*engineering*) untuk mencapai pengaturan yang saling menguntungkan antara pekerja dengan pekerjaannya, dimana manfaat diukur dari efisiensi dan kesehatan.

International Ergonomics Association (IEA) pada tahun 2003 mendefinisikan ergonomi (atau *human faktor*) sebagai disiplin ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan elemen-elemen dalam sistem yang terkait, dan profesi yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk mendesain kerja untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan (Karwowski, 2001).

Sasaran ergonomi adalah untuk menyesuaikan tempat kerja dan pekerjaan dengan merancang tugas, tempat kerja, perkakas dan peralatan dalam keterbatasan dan kemampuan fisik pekerja, serta tata cara kerja dan perencanaan kerja yang tepat (Soedirman, 1989).

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi kompleks antara manusia, aspek fisik dan psikologis lingkungan kerja (misalnya fasilitas, peralatan, dan mesin), pekerjaan, dan tata cara kerja. Objek dari ergonomi itu sendiri adalah manusia. Pengalaman manusia berinteraksi dengan sistem dalam berbagai bentuk di dunia kerja maupun kehidupan lainnya menunjukkan bahwa keberhasilan sistem mencapai sasarannya dapat dicapai bila manusia bukan semata-mata ditemukan posisi yang pas dengan unsur-unsur lainnya di dalam sistem, tetapi manusia dijadikan sebagai acuan dari rancangan. Pendekatan ini lebih dikenal sebagai *Human Centre Design*.

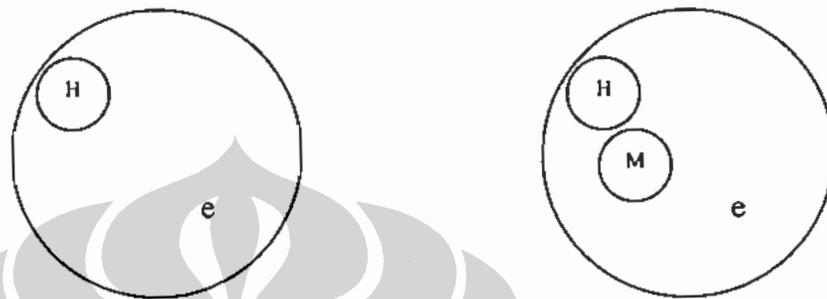
Bidang ilmu yang erat kaitannya adalah *human science* (anatomi, fisiologi, dan psikologi) untuk menyeraskan antara pekerjaan, sistem, produk, dan lingkungan kerja dengan kapasitas dan keterbatasan fisik maupun mental manusia.

2.3. Sistem Dalam Ergonomi

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari keserasian kerja dalam suatu sistem (*worksystem*). Sistem ini terdiri dari manusia, mesin dan lingkungan kerja (Bridger, 2003).

Ergosistem sederhana dapat terdiri dari seorang individu dalam lingkungan kerja, ataupun seorang individu dengan sebuah mesin dalam lingkungan kerja.

Jika dalam suatu lingkungan kerja terdapat satu atau beberapa individu dengan beberapa mesin/ peralatan, maka disebut ergosistem kompleks (Bridger, 2003).



Gambar 2.1 - Ergosistem Sederhana

(H= Human component, M = Machine component, e = local environment)

Sumber: Bridger, 2003



Gambar 2.2 - Ergosistem Kompleks

(H= Human component, M = Machine component, e = local environment)

Sumber: Bridger, 2003

Komponen-komponen dalam ergosistem tersebut mengalami interaksi yang pada prinsipnya dibagi menjadi enam kelompok (lihat tabel 2.1).

Tabel 2.I. Interaksi antar elemen dan evaluasi dalam *worksystem*

INTERAKSI	EVALUASI
<p>Manusia – Mesin Interaksi antara manusia dan mesin. Penggunaan tenaga, pengendalian pada alat control, perawatan alat, dll.</p>	<p>Anatomi Postur kerja dan tulang belakang, pergerakan, besar tenaga yang digunakan, siklus kerja, frekuensi kerja, kelelahan otot.</p> <p>Fisiologi <i>Work rate (oxygen consumption, denyut nadi), fitness of workforce, physiological fatigue.</i></p> <p>Psikologi Keterampilan yang dibutuhkan, beban kerja mental, dll.</p>
<p>Manusia – Lingkungan Efek manusia terhadap lingkungan kerja. Manusia mengeluarkan panas, bising, karbon dioksida, dll.</p>	<p>Fisik Pengukuran objektif lingkungan kerja. Implikasi untuk memenuhi standar.</p>
<p>Mesin – Manusia Umpan balik/ dampak dan informasi pada <i>display</i>. Mesin dapat memberikan pengaruh pada manusia, seperti vibrasi, akselerasi yang dikeluarkan oleh mesin. Permukaan mesin yang panas atau dingin mungkin dapat memberikan dampak terhadap kesehatan manusia.</p>	<p>Anatomi Desain kontrol dan peralatan.</p> <p>Fisik Pengukuran objektif terhadap vibrasi, tenaga, kebisingan dan temperature yang dikeluarkan/ terdapat pada mesin.</p> <p>Psikologi Apakah sensor umpan balik melebihi ambang batas psikologi? Aplikasi dalam menentukan prinsip desain panel, <i>graphic display</i>. Beban informasi. Disesuaikan dengan ekspektasi pengguna.</p>
<p>Mesin – Lingkungan Mesin dapat merubah lingkungan kerja dengan mengeluarkan bising, panas, gas, dll.</p>	<p>Dilakukan oleh <i>industrial engineers</i> dan <i>industrial hygienists</i>.</p>
<p>Lingkungan – Manusia Lingkungan, sebaliknya, juga dapat mempengaruhi kemampuan manusia untuk berinteraksi dengan mesin ataupun</p>	<p>Fisik-psikologi Survei terhadap kebisingan, cahaya, dan temperatur.</p>

mempengaruhi manusia sebagai bagian dari <i>worksystem</i> (akibat asap, bising, panas, dll).	
Lingkungan – Mesin Lingkungan dapat mempengaruhi fungsi mesin. Hal ini dapat disebabkan karena panas berlebih atau pembekuan komponen.	Dilakukan oleh <i>industrial engineers</i> , personil perawatan, manajemen fasilitas, dll.

Sumber: R.S. Bridger, 2003

2.4. Ruang Lingkup Ergonomi

Ergonomi adalah disiplin ilmu dengan pendekatan sistem, dimana saat ini diaplikasikan kesemua aspek kegiatan manusia. Dalam menerapkan ergonomi, perlu pemahaman yang luas mengenai ruang lingkungannya, antara lain fisik, kognitif, social, organisasi, lingkungan dan faktor-faktor lainnya yang relevan. Secara garis besar, didisiplin ergonomi di khususkan dalam 3 (tiga) hal yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif, dan mikroergonomik (<http://www.ergo%20web.mech.utah.edu/Pub/Info/Data/anthro.html>).

Ergonomi fisik difokuskan terhadap fisik manusia yang meliputi karakteristik antropometri dan biomekanikal, yang berhubungan dengan aktivitas fisik. Topik-topik yang relevan dengan ergonomi fisik antara lain postur tubuh saat bekerja, angkat-mengangkat barang (*materials handling*), gerak berulang (*repetitive movements*), *work-related musculoskeletal disorders* (WMSD), layout tempat kerja, kesehatan dan keselamatan.

Kognitif ergonomif lebih difokuskan kepada proses mental, seperti persepsi, memori, latar belakang, dan respon motorik, yang mempengaruhi interaksi antara manusia dengan elemen lainnya dalam sistem. Ergonomi kognitif ini banyak diaplikasikan dalam psikologi industri (*engineering psychology*) yang lebih dikenal

dengan faktor manusia (*human factors*), ilmu terapan tentang perilaku manusia dan atribut-atributnya untuk mendesain produk, peralatan, mesin, dan system dalam skala besar yang akan digunakan oleh manusia. Topik-topik yang relevan dengan ergonomi kognitif antara lain beban mental, pembuat keputusan, kinerja skill, interaksi antara manusia dengan komputer, keandalan manusia, stress kerja, pelatihan dan lain-lain yang berhubungan dengan desain sistem kerja.

Makroergonomik difokuskan terhadap optimalisasi sistem sosial, termasuk didalamnya struktur organisasi, kebijakan, dan proses-prosesnya. Makroergonomik merupakan generasi ketiga dari ergonomi, dimana pada generasi pertama ditandai oleh '*human machine interface technology*', dan pada generasi kedua ditandai oleh '*user-interface technology*'. Makroergonomi atau '*human-organization-environment-machine interface technology*' menjadi suatu keharusan untuk menghubungkan suatu organisasi dan teknologi sehingga manusia dapat berfungsi secara optimal. Makroergonomik adalah suatu ilmu sosioteknik dengan pendekatan yang dilakukan untuk mendesain organisasi, system kerja, dan pekerjaan berdasarkan empat subsistem yang saling berhubungan, yaitu: subsistem personal, subsistem teknologi, subsistem struktur organisasi dan subsistem lingkungan luar. Tujuan dari makroergonomik adalah harmonisasi penuh dari system kerja pada level makroergonomik, yang pada akhirnya akan memperbaiki produktivitas, kepuasan pekerjaan, kesehatan dan keselamatan kerja, dan komitmen pekerja. Pada makroergonomik ini lebih dikembangkan mengenai teori system dan psikologi organisasi. Topik-topik yang relevan terhadap ergonomi organisasi antara lain komunikasi, sumber daya manajemen, desain kerja, desain waktu kerja, kerja tim,

partisipasi dalam desain, komunitas ergonomi, paradigma kerja yang baru, budaya organisasi, quality manajemen, dan lain-lain.

2.5. Gangguan Otot Rangka (*Musculoskeletal Disorders*)

Musculoskeletal Disorders (MSDs) atau *Cumulative Trauma Disorders* (CTD) diterjemahkan sebagai kerusakan trauma kumulatif. Penyakit ini terjadi karena roses penumpukan cedera/kerusakan kecil pada sistem otot rangka akibat trauma berulang pada setiap kalinya tidak sempat sembuh sempurna, sehingga membentuk kerusakan cukup besar untuk menimbulkan rasa sakit (Humatech, 1995). Gangguan otot rangka merupakan kerusakan pada otot, saraf, tendon, ligament, persendian, kartilago dan *discus intervertebralis*. Kerusakan pada otot dapat berupa ketegangan otot, inflamasi, degenerasi ataupun sobek, sedangkan kerusakan pada tulang dapat berupa memar, mikro fraktur, patah atau terpelintir.

Gangguan pada sistem otot rangka tidak pernah terjadi secara langsung, tetapi merupakan kumpulan benturan-benturan kecil dan besar yang terakumulasi secara terus menerus dalam waktu yang relative lama, dapat dalam hitungan beberapa hari, bulan, dan tahun, tergantung berat ringannya trauma setiap kali dan sctiap saat, sehingga dapat menimbulkan suatu cedera yang cukup besar yang diekspresikan dengan rasa sakit, kesemutan, pegal-pegal dan nyeri tekan pada anggota tubuh yang terkena trauma (MacLeod, 1998). Gangguan ini tidak termasuk ke dalam gangguan yang disebabkan karena terpeleset, tersandung, jatuh, kecelakaan kendaraan bermotor ataupun kecelakaan sejenis lainnya (OSHA, 2002).

Cidera pada otot dapat disebabkan oleh tekanan langsung pada otot akibat adanya trauma ataupun akibat ketegangan otot (*strain*). Ketegangan otot dapat terjadi secara mendadak ataupun kronis secara terus menerus yang dapat menyebabkan nyeri menjadi progresif. Jaringan otot dapat robek, terutama pada daerah *musle-tendon junction*. Tergantung dari tingkat keparahan, cidera otot biasanya menyebabkan pembengkakan, kerusakan jaringan dan pendarahan (McIntosh, 1997).

Tendon merupakan bagian yang paling sering terkena cidera dan biasanya menyebabkan nyeri dan inflamasi. Mikro-trauma yang terjadi biasanya merupakan kombinasi dari penggunaan yang berlebihan dan disfungsi biomekanis. Faktor yang mempersulit penyembuhan tendon adalah tendon memiliki sedikit pembuluh darah. Friksi dari postur janggal dan penggunaan yang berlebihan (*overuse*) dapat menyebabkan inflamasi dan penebalan dari sinovium tendon (McIntosh, 1997).

Pada awal cidera otot rangka tidak mengganggu dan dapat sembuh saat beristirahat pada malam hari. Kerusakan terus menerus pada jaringan terjadi setiap hari, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk penyembuhan juga semakin lama, dan tidak cukup dengan hanya istirahat pada malam hari. Kerusakan ini akhirnya terakumulasi dan menyebabkan gangguan otot rangka (Baker, 2000).

Penyakit ini termasuk sering dialami, namun cenderung diabaikan karena biasanya gejala yang ditibulkannya ringan sampai sedang yang akan hilang dengan sendirinya setelah istirahat. Namun, penyakit ini kadang dapat berkembang menjadi serius.

Gejala yang dirasakan oleh tiap individu jika mengalami gangguan otot rangka ini tidak sama, meskipun pekerjaan/aktivitas yang dilakukan hamper sama. Gejala ini antara lain adalah (MaeLeod, 1998; Cal/OSHA, 1999):

- Adanya rasa sakit, nyeri atau tidak nyaman
- Pegal-pegal
- Mati rasa
- Gerakan menjadi lemah dan kaku
- Adanya rasa terbakar
- Pergerakan menjadi terbatas
- Kaku pada persendian
- Kemerahan, bengkak, dan hangat pada daerah tersebut
- Kelelahan pada sebagian otot.

2.6. Faktor Risiko Gangguan Otot Rangka

Risiko dan faktor risiko adalah konsep umum yang digunakan dalam literature keselamatan dan ergonomi. Dalam risiko terkandung komponen-komponen antara lain:

- (1) Seberapa mungkin terjadinya hal tersebut
- (2) Seberapa serius konsekuensinya (keparahannya) jika sampai terjadi

Dalam mendefinikan risiko, seringkali berdasarkan data-data kejadian terdahulu dengan melihat berapa banyak injuri atau kecelakaan untuk menentukan:

- (1) Kemungkinan kejadian sangat kecil tetapi dampak (konsekuensinya) tinggi (misalnya: multiple fatality).

(2) Kemungkinan terjadinya cukup tinggi tetapi tetapi konsekuensinya tidak terlalu besar, misalnya: pekerja terpeleset dan tersandung.

Adanya risiko dapat menyebabkan terjadinya injuri, dimana kemungkinan terjadinya injuri berhubungan antara tingkat risiko dan lamanya pekerja terpapar. Adalah sangat mungkin pekerja berada dilokasi kerja tanpa mengalami injuri sepanjang waktu bekerja. Akan tetapi, tidak adanya injuri tidak berarti tidak adanya risiko.

Dalam konteks penelitian ini, faktor risiko didefinisikan sebagai kejadian atau kondisi yang meningkatkan kemungkinan terjadinya injuri terhadap sistem otot rangka. Sejumlah faktor risiko terhadap fisik yang umum terjadi dalam banyak pekerjaan dan pengaturan pekerjaan (Cohen et al. 1997; Washington State Department of Labor 1994).

Hubungan antara paparan faktor risiko dan tingkat risiko muskuculoskeletal injury tidak dengan mudah dapat ditetapkan. Meskipun faktor risiko terhadap fisik merupakan faktor risiko yang utama, terdapat faktor-faktor lainnya seperti faktor organisasi dan psikososial faktor yang dapat menyumbang terjadinya risiko gangguan otot rangka. Dalam penelitian ini, peneliti memfokuskan identifikasi terhadap faktor risiko fisik.

Faktor-faktor yang merupakan penyebab dari gangguan otot rangka, terutama bila terjadi pada tingkat tinggi dan kombinasi dari beberapa faktor antara lain postur, force, durasi, repetisi dan *contact stress* (NIOSH, 1998).

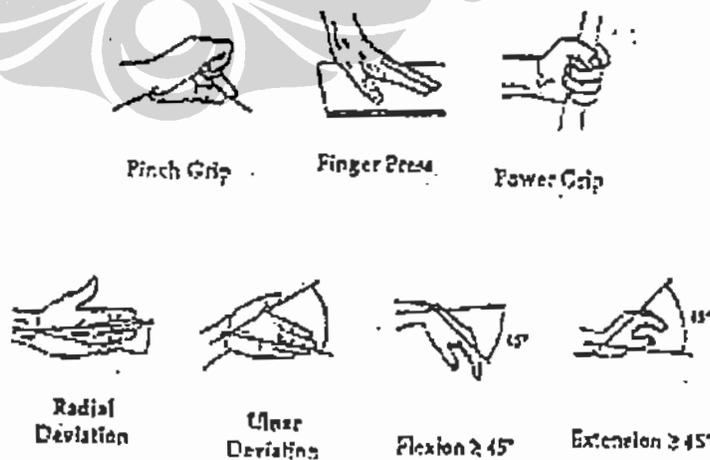
2.6.1. Postur Janggal

Postur tubuh mengalami deviasi secara signifikan terhadap posisi normal saat melakukan pekerjaan. Postur janggal akan meningkatkan beban kerja dari otot sehingga merupakan pemberi kontribusi yang signifikan terhadap gangguan otot rangka. Selain meningkatkan tenaga yang dibutuhkan juga menyebabkan transfer tenaga otot menuju skeletal sistem menjadi tidak efisien.

Beberapa postur tubuh yang berpotensi menimbulkan janggal dapat terjadi pada posisi berdiri, duduk, dan jongkok, meliputi 6 bagian tubuh, yaitu (Humantech, 1995):

1) Bagian tangan dan pergelangan tangan (kiri dan kanan)

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada bagian tangan dan pergelangan tangan yaitu memegang benda dengan cara meneubit (*pinch grip*), tekanan pada jari terhadap objek (*finger press*), menggenggam dengan kuat (*power grip*), radial deviasi, ulnar deviasi, gerakan fleksi $\geq 45^\circ$, dan gerakan ekstensi 45° .

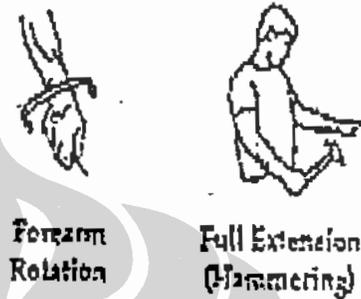


Gambar 2.3 - Postur tangan dan pergelangan tangan yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

2) Bagian lengan bawah (kiri dan kanan).

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada lengan bawah, yaitu siku sebesar 135° , dan jika menggunakan gerakan penuh dalam bekerja.

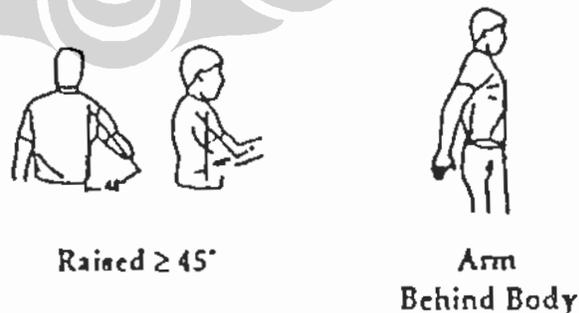


Gambar 2.4 - Postur siku yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

3) Bagian Bahu (kiri dan kanan).

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada bagian bahu, yaitu melebarkan tangan kesamping dengan sudut $\geq 45^\circ$, memajukan tangan kedepan dengan sudut $\geq 45^\circ$, dan meletakkan tangan kebelakang tubuh.

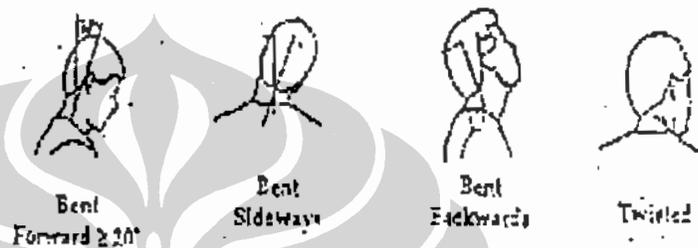


Gambar 2.5 - Postur bahu yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

4) Bagian leher

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada bagian leher, yaitu bila leher menunduk $\geq 20^\circ$, miring kesamping, mendongak, memutar, dengan durasi ≥ 10 detik, dan dengan frekuensi ≥ 2 kali/menit.

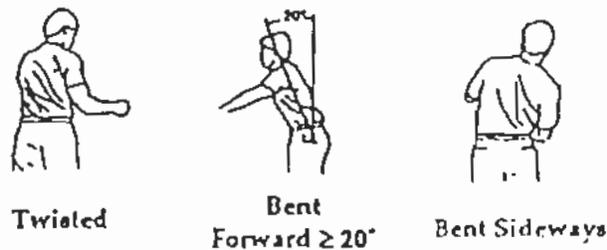


Gambar 2.6 - Postur leher yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

5) Bagian punggung

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada bagian punggung, yaitu bila punggung membungkuk (*bend forward*) $\geq 20^\circ$. Adapun ukuran postur yang beresiko adalah gerakan membelok (*bend sideways*), dan memutar (*twisting*).



Gambar 2.7 - Postur tulang punggung yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

6) Bagian kaki (kiri dan kanan)

Terdapat beberapa faktor risiko terhadap postur yang terjadi pada bagian kaki, yaitu bila kaki dalam posisi jongkok, berdiri dengan satu kaki, dan berlutut.



Gambar 2.8 - Postur kaki yang menjadi faktor risiko

Sumber : Humantech, 1995

2.6.2. Pengerahan Tenaga (termasuk *manual handling*)

Force atau tenaga merupakan jumlah usaha fisik yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas atau gerakan. Pekerjaan menggunakan tenaga besar akan memberikan beban mekanik yang besar terhadap otot, tendon, ligament, dan sendi. Dengan adanya beban berat dapat mengakibatkan kelelahan otot, tendon dan jaringan lainnya, iritasi dan inflamasi. Tenaga yang dibutuhkan akan meningkat jika (NIOSH, Pub 97-117):

- a. Besarnya barang yang ditangani meningkat
- b. Berat yang diangkat atau didorong meningkat
- c. Postur janggal
- d. Adanya getaran (getaran dari peralatan tangan membuat tenaga untuk menggenggam lebih menjadi lebih besar).

- e. Kecepatan pergerakan benda meningkat, benda semakin licin (karena diperlukan tenaga yang lebih besar untuk menggenggam bendanya)
- f. Menggunakan alat bantu yang kecil dan sempit mempunyai kapasitas menjepit atau menggenggam yang kecil.
- g. Menggunakan jari telunjuk dan jempol untuk menjepit secara kuat suatu benda (menjepit akan membutuhkan tenaga lebih besar dibandingkan menggenggam dengan seluruh tangan).

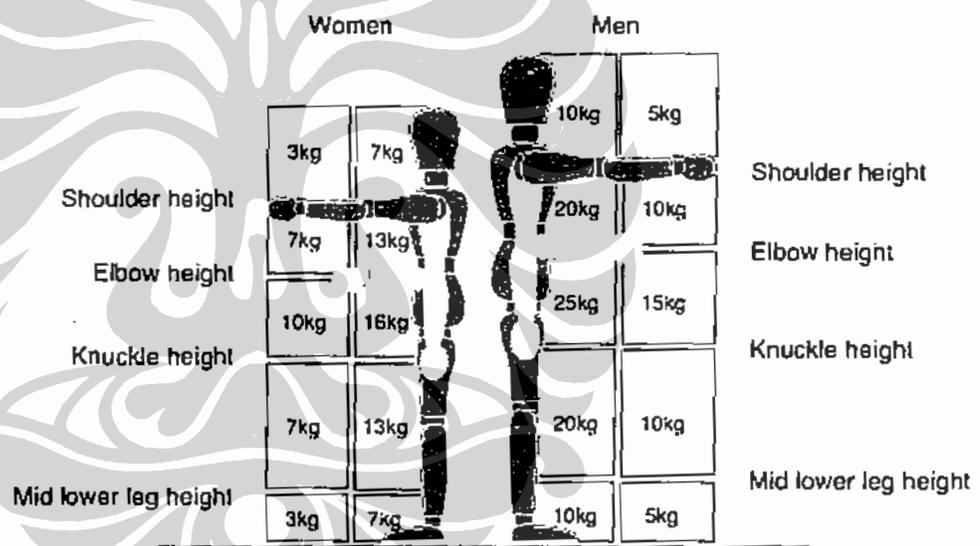
Manual handling adalah kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas fisik seperti mengangkat beban (*lifting*), membawa beban (*carrying*), menurunkan beban (*lowering*), dan menahan beban (*holding*). Cidera yang sering dikaitkan dengan kegiatan manual handling antara lain *sprain*, *strain*, *back pain*, dan *slipped*. Postur yang tidak memadai dan pergerakan yang berulang-ulang merupakan kontributor yang besar terhadap masalah manual handling.

Berikut adalah petunjuk dalam melakukan kegiatan manual handling berdasarkan *UK Manual Handling Regulation* (www.ab.ust.hk/hseo/manhand/manguide.html):

Mengangkat atau menurunkan

Pada gambar 2.9 dibawah merupakan batas beban untuk kegiatan manual yang meliputi pengangkatan dan penurunan beban pada zona-zona yang berbeda dari tubuh. Pada gambar tersebut diasumsikan bahwa beban siap diangkat dengan kedua tangan dan operator berada dalam kondisi dan postur kerja yang baik. Batasan tersebut mempertimbangkan posisi tangan secara vertikal dan horizontal pada saat

memindahkan beban selama kegiatan manual, termasuk juga ketinggian dan jangkauan. Terlihat bahwa kemampuan mengangkat atau menurunkan beban dapat berkurang secara signifikan, terutama ketika beban ditahan pada jarak maksimum tangan, atau beban lebih tinggi dari pundak. Jika tangan memasuki lebih dari satu zone selama beraktivitas, batasan beban paling ringan yang harus digunakan. Perpindahan dari zona satu ke zona lainnya tidak tergesa-gesa, dimana beban yang sedang dapat digunakan jika posisi tangan masih dekat dengan batas zona sebelumnya.



Gambar 2.9 - Rekomendasi beban untuk pengangkatan (lifting)

Sumber: UK Manual Handling Regulation

Batas pengangkatan dan penurunan harus dikurangi jika pegangan berada disamping (*twisting*) selama kegiatan berlangsung. Sebagai panduan, batasan beban harus dikurangi sekitar 10% apabila terjadi *twisting* sampai 45° dan dikurangi sekitar 20% jika *twisting* mencapai 90° .

Frekuensi yang dianjurkan pada batas pengangkatan tersebut sekitar 30 kegiatan per jam sepanjang tahapan pekerjaan tersebut tidak diforsir, waktu istirahat yang cukup untuk istirahat dan pemulihan, dan beban tidak ditahan sepanjang waktu tersebut. Beban harus dikurangi jika terjadi repetisi yang lebih sering. Sebagai panduan, batas beban harus dikurangi sebanyak 30% jika aktivitas berulang 1 - 2 kali per menit, sebanyak 50% jika aktivitas berulang sebanyak 5 - 8 kali per menit, dan sebanyak 80% jika aktivitas berulang lebih dari 12 kali per menit.

Membawa

Batasan manual handling yang mencakup kegiatan membawa sama dengan yang dianjurkan pada kegiatan mengangkat dan menurunkan, kecuali bahwa kegiatan membawa menjadi tidak normal jika beban terletak dibawah ketinggian paha. Hal ini diasumsikan jika beban yang ditahan oleh tubuh dan dibawa tidak melebihi 10 meter tanpa istirahat. Jika beban dibawa lebih jauh tanpa istirahat, maka batas beban harus dikurangi. Apabila beban dapat dibawa dengan aman pada pundak tanpa ada kegiatan pengangkatan sebelumnya (misalnya mengeluarkan sekarung beban dari *lorry*), perlu asesmen yang lebih detail yang menunjukkan bahwa limit beban dapat dilebihkan.

Mendorong atau menarik

Untuk mendorong atau menarik beban, batas untuk mulai mendorong atau menahan beban adalah tenaga sebesar 25 kg. Batas untuk menahan beban *in motion* adalah tenaga sebesar 10 kg. Hal ini diasumsikan bahwa tenaga yang dikerahkan dengan

tangan berada antara tinggi paha dan pundak. Apabila hal ini tidak memungkinkan, batas beban perlu dikurangi. Tidak ada batas spesifik mengenai jarak beban didorong atau ditarik jika ada kesempatan yang memadai untuk istirahat dan pemulihan.

2.6.3. Repetisi atau Gerakan Berulang

Merupakan gerakan yang berulang-ulang dengan sedikit variasi yang dilakukan secara terus menerus (setiap beberapa detik) untuk durasi yang lama, akan menyebabkan kelelahan dan penggunaan yang berlebihan pada otot, tendon, dan sendi sehingga dapat menimbulkan ketegangan otot dan meningkatkan tekanan pada syaraf. Ketegangan tendon dan otot dapat dipulihkan kembali bila ada waktu istirahat untuk melakukan stretching. Dampak dari getaran yang berulang-ulang akan meningkat bila gerakan dilakukan dengan postur janggal dan beban yang lebih berat (NIOSH, Pub 97-117).

Gerakan repetitif yang beresiko terhadap sistem musculoskeletal disorders pada bagian tubuh berbeda-beda sebagaimana dijelaskan pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 - Faktor risiko terhadap gerakan repetitif pada tubuh bagian atas

Bagian Tubuh	Repetitif per menit
Bahu	Lebih dari 2 ¹ / ₂ kali
Lengan atas/siku	Lebih dari 10 kali
Lengan bawah/pergelangan tangan	Lebih dari 10 kali
Jari	Lebih dari 200 kali

Sumber: Kilbom Å [1994], yang dikutip dari NIOSH 1997, *Elements of Ergonomics Programs*

2.6.4. Durasi

Durasi adalah lamanya waktu pekerja terpapar secara terus menerus oleh faktor risiko ergonomi. Pekerjaan yang menggunakan otot yang sama untuk durasi yang lama dapat meningkatkan potensi timbulnya kelelahan, baik local atau dapat juga pada sekujr tubuh. Secara umum dapat dikatakan, semakin lama durasi pekerjaan berisiko tersebut, maka waktu yang diperlukan untuk recovery (pemulihan) juga akan semakin lama (NIOSH, Pub 97-117). Maka dapat dikatakan bahwa durasi merupakan faktor yang berkontribusi pada faktor risiko lainnya yang besarnya sangat tergantung dengan sifat dari faktor risiko yang memapari pekerja.

Secara umum, Allison Heller-Ono dalam Ergonomic Risk Factor Matrix (ERFM) mencoba mensarikan faktor durasi dalam tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 - Faktor Risiko Terhadap Durasi Menurut ERFM

Definisi	Persentasi per shift	Selama 8 jam kerja
Terbatas (<i>limited</i>)	Kurang dari 12% dari waktu shift	Sampai dengan 60 menit
Kadang-kadang (<i>occationaly</i>)	Sampai dengan 33% dari waktu shift	Sampai dengan 2 ½ jam atau 1x/jam
Sering (<i>Frequently</i>)	Up to 66% dari waktu shift	Sampai dengan 5 1/2 jam atau 1x setiap 2 menit
Selalu (<i>constant</i>)	67%-100% dari waktu shift	Sampai dengan 8 hours or 1x setiap 15 detik atau kurang.

Sumber: Alison Heller-Ono, Ergonomic Risk Factor Matrix (ERFM), 2005

Sedangkan durasi untuk pendekatan REBA adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 – Faktor Risiko Terhadap Durasi Menurut REBA

Intensity of Exertion (IE)	Duration of Exertion (DE)
Light	< 10%
Somewhat hard	10 – 29%
Hard	30 – 49%
Veri hard	50 – 79%
Near maximal	80 – 100%

Sumber: Moore, J.S. and Garg, A. (1995) American Industrial Hygiene Journal 56:443-58.

2.6.5. Getaran

Vibrasi berpengaruh terhadap tendon, otot, joint, dan saraf. Pekerja dapat terpapar getaran baik pada keseluruhan tubuhnya ataupun hanya pada lokasi-lokasi tubuh tertentu saja. Contoh getaran terhadap seluruh tubuh adalah yang dialami oleh supir bis dan truk, sedangkan yang pada lokasi tertentu contohnya adalah getaran yang disebabkan penggunaan alat-alat listrik. Sebagai tambahan, pekerja berkemungkinan menggunakan tenaga lebih atau postur yang janggal dikarenakan memegang alat-alat yang bergetar sulit dikendalikan.

Terpapar terlalu banyak getaran dapat juga menyebabkan pengguna mati rasa pada tangan ataupun lengan. Hal ini dapat mengakibatkan pekerja menjadi salah dalam memperkirakan kekuatan yang dibutuhkan dalam mengendalikan alat tersebut dengan mengeluarkan tenaga yang berlebihan sehingga meningkatkan risiko *fatigue*.

2.6.6. *Contact Stress* atau tekanan kontak

Tekanan yang terus menerus dan berulang-ulang antara jaringan tubuh yang sensitive dengan benda keras atau tajam menimbulkan *contact stress*. Tekanan yang berlebihan ini dapat menyebabkan hambatan aliran darah, gerakan otot dan tendon serta hambatan pada syaraf.

2.6.7. Ukuran dan bentuk alat kerja

Alat kerja yang berupa alat mesin membantu pekerjaan manusia dapat menjadi sumber risiko ergonomi bila kriteria desain dari alat kerja tersebut tidak terpenuhi. Ukuran yang terlalu kecil atau terlalu besar, atau bentuk yang menyulitkan dalam menggenggam akan menyebabkan pekerja menggunakan tenaga yang berlebihan untuk mengendalikan alat tersebut. Hal ini menimbulkan risiko antara lain terjadinya *fatigue*.

2.6.8. Lingkungan Kerja

Lingkungan diartikan sebagai tempat dimana pekerjaan dilakukan dan terdiri atas ruang kerja dan lingkungan fisik serta hambatan-hambatan secara teknik dan secara social pada saat pekerjaan dilakukan.

Ruang kerja adalah ruang tiga dimensi tempat pekerjaan dilakukan. Berbagai aspek dari lingkungan fisik yang dapat mempengaruhi manusia diantaranya adalah kebisingan, pencahayaan, suhu, dan kelembaban.

2.7. Pengendalian Faktor Risiko Ergonomi

Setelah melakukan asesmen terhadap faktor risiko muskulokeletal *disorders*, maka diperlukan pengendalian terhadap faktor risiko tersebut. Pengendalian faktor risiko ergonomi adalah sebagai berikut: (NIOSH, Pub: 97-117)

- Menghilangkan atau mengurangi hazard yang potensial dengan pendekatan keteknikan (*engineering control*)
- Perubahan dalam praktek kerja dan kebijakan manajemen, yang dikenal dengan istilah kontrol administratif (*administrative control*)
- Penggunaan alat pelindung diri (APD)

2.7.1. Kontrol Keteknikan (*Engineering Control*)

Pendekatan yang paling diutamakan dalam mencegah atau mengendalikan risiko gangguan otot rangka adalah pada saat perancangan pekerjaan, yang meliputi:

- a. layout tepat kerja,
- b. pemilihan alat kerja, dan
- c. metode pekerjaan, untuk menyesuaikan dengan kapasitas dan keterbatasan pekerja.

Keserasian pekerjaan, dalam artian tidak ada pekerjaan yang membebani secara berlebihan terhadap populasi pekerja secara keseluruhan, membantu dalam menciptakan lingkungan kerja yang sehat (NIOSH, Pub: 97-117).

Strategi pengendalian keteknikan untuk memperkecil faktor risiko ergonomi antara lain adalah (*Department of Employment and Industrial Relations, Queensland, 2007*):

- (1) Eliminasi, yaitu dengan menghilangkan semua masalah ergonomi pada task tersebut, contohnya adalah mengganti sistem manual dengan sistem otomatisasi).
- (2) Substitusi, yaitu dengan mengganti penggunaan maerial atau alat/mesin yang memiliki tingkat risiko tinggi dengan yang lebih rendah, misalnya: mengganti barang-barang berat dengan yang lebih ringan, yang besar dengan yang lebih kecil sehingga mudah digenggam, dll.
- (3) Rekayasa teknik, yaitu merancang teknik pekerjaan atau alat kerja yang lebih aman dalam interaksi manusia dengan mesin, misalnya menggunakan alat-alat angkut seperti erane, hoist, pallet jack atau trolley untuk memindahkan barang, menutup lantai dengan menyerap getaran, meletakkan alat kerja pada posisi yang mudah diraih untuk menghindari postur janggal, dll.

2.7.2. Kontrol Administratif (*Administrative Control*)

Kontrol administratif merupakan penekanan dari manajemen dalam praktek pekerjaan dan kebijakan untuk mengurangi paparan faktor risiko ergonomi. Dibandingkan dengan pengendalian keteknikan, pengendalian administratif lebih diutamakan untuk mengendalikan risiko dengan pendekatan kebiasaan manusia (*human behaviour*) (NIOSH, Pub: 97-117). Oleh sebab itu, dalam penerapan kontrol administratif memerlukan pengawasan untuk memastikan bahwa control yang diterapkan dilaksanakan atau malah dilupakan dalam kondisi tekanan pekerjaan, seperti pemenuhan target (*deadline*), pekerja terlalu sedikit, dll (Department of

Employment and Industrial Relations, Queensland, 2007). Strategi pengendalian faktor risiko meliputi: (NIOSH, Pub: 97-117)

- (1) merubah aturan dan prosedur kerja, seperti mengkombinasikan waktu kerja dengan waktu istirahat
- (2) sistem pergantian pekerja (*rotation*) untuk pekerjaan fisik yang melelahkan
- (3) memberi pelatihan kepada pekerja agar dapat mengenali faktor risiko ergonomi dan mempelajari teknik dalam mengurangi tekanan (*stress*) dan tegangan (*strain*) dalam pekerjaannya.

2.7.3. Penggunaan Alat Peindung Diri (APD)

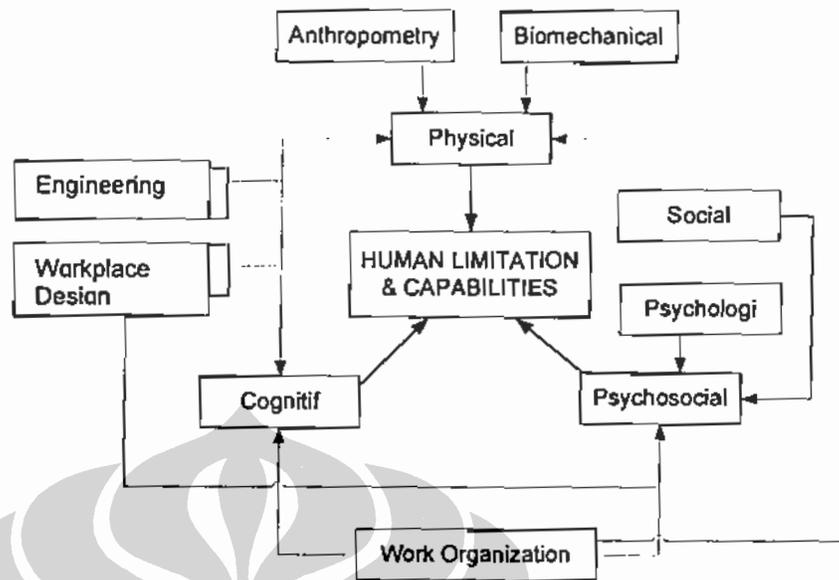
Satu dari pertanyaan yang paling kontroversial mengenai mekanisme pengendalian risiko ergonomi adalah mengenai keefektifan penggunaan alat pelindung diri (APD) pada pekerja. Dalam kesehatan dan keselamatan kerja (K3), penggunaan APD pada umumnya adalah untuk membentengi manusia dari paparan hazard. Respirator, *ear plug*, *safety google*, sepatu safety, dan helm adalah contoh-contoh APD yang umum dipakai dalam pengendalian hazard dalam K3. Akan tetapi, apakah APD seperti penjepit (*braces*), perban lengan (*wrist splint*), sabuk belakang (*back belt*), sarung tangan pelindung getaran dapat dianggap melindungi personal terhadap risiko ergonomi masih dipertanyakan. Meskipun alat-alat ini dalam kondisi tertentu dapat mengurangi durasi, frekuensi, atau intensitas paparan, bukti keefektifannya dalam mengurangi injuri masih belum meyakinkan (NIOSH, Pub: 97-117).

BAB III

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori

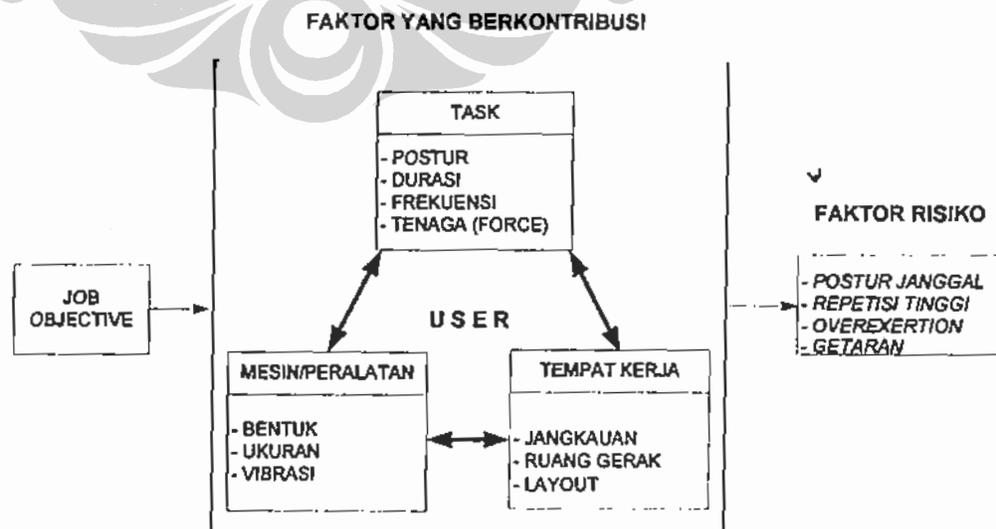
Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab II mengenai Tinjauan Pustaka, bahwa prinsip dasar ergonomi adalah *fitting the task to the person* dimana manusia merupakan fokus utama. Interaksi yang terjadi antara manusia dengan pekerjaan (*task*), mesin atau peralatan, dan lingkungan dalam suatu sistem kerja (*worksystem*) harus dapat mengakomodir atau disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan manusia (*human capability and limitation*). Ketidakserasian (*mismatch*) desain kerja dapat menimbulkan resiko-resiko ergonomi yang berdampak terhadap fisik, kognitif dan psikologi pekerja. Efek terhadap fisik manusia seringkali dikaitkan dengan otot rangka *disorder*, efek terhadap kognitif dapat menjadi sumber penyebab human error, dan efek terhadap psikososial menyebabkan pekerja menjadi depresi, tidak bersemangat, tidak mempunyai motivasi dan penyakit psikososial lainnya. Semua efek-efek tersebut pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kualitas hidup pekerja dan penurunan produktivitas dalam pekerjaan.



Gambar 3.1 - Kerangka Teori Sistem Ergonomi

3.2. Kerangka Konsep

Pada kerangka konsep ini dijelaskan variabel-variabel yang akan diteliti dalam penelitian. Adapun variable-variabel tersebut digambarkan dalam kerangka konsep sebagai berikut:



Gambar 3.2 - Kerangka Konsep

Dalam kerangka konsep yang digambarkan di atas, peneliti ingin melihat faktor risiko pada tiap-tiap task serta mencari penyebabnya dengan menganalisa faktor-faktor yang berkontribusi dari variabel pada *task*, alat/mesin, dan lingkungan kerja.

3.3. Definisi Operasional

Variabel-variabel dalam kerangka konsep tersebut di atas didefinisikan secara operasional pada tabel 3.1.



Tabel 3.1 - Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Kriteria	Cara Ukur Alat Ukur	Hasil Ukur
1.	Postur janggal	Postur tubuh yang menyimpang secara signifikan membentuk sudut tertentu terhadap posisi normal pada saat melakukan setiap task dalam pekerjaan	<p><u>Bahu</u> YA → Lengan atas membentuk sudut $\geq 45^\circ$ ke depan, samping, belakang, vertikal terhadap badan</p>  <p>TIDAK → Lengan atas tidak membentuk sudut $\geq 45^\circ$ ke depan, samping, belakang vertikal terhadap badan</p> 	Busur derajat	Derajat ($^\circ$)

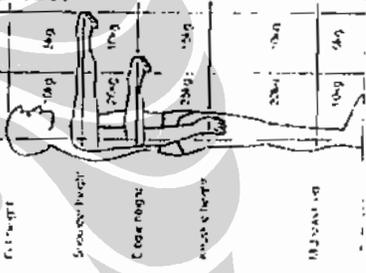
Tulang Punggung

YA → Membungkuk membentuk sudut $\geq 20^\circ$, berputar, Miring (deviasi badan dari garis vertikal)



TIDAK → Tidak membungkuk membentuk sudut $\geq 20^\circ$, tidak berputar, tidak miring (deviasi badan dari garis vertikal)



		<p>Kaki YA → Berjongkok, bertumpu satu kaki, berlutut  TIDAK → Tidak berjongkok, tidak bertumpu satu kaki, tidak berlutut</p>			
<p>2.</p>	<p>Durasi</p>	<p>Lamanya melakukan aktivitas dalam satuan waktu tertentu</p>	<p>Beresiko ≥ 4 jam/hari Tidak beresiko < 4 jam/hari</p>	<p>Stopwatch</p>	<p>Menit</p>
<p>3.</p>	<p>Beban objek</p>	<p>Massa benda yang dipindahkan dalam satuan kilogram</p>		<p>Timbangan</p>	<p>kilogram</p>
<p>4.</p>	<p>Repetitif</p>	<p>Gerakan berulang yang dilakukan persatuan waktu tertentu</p>	<p>Bahu : Lebih dari 2 1/2 kali/menit Lengan atas/siku: Lebih dari 10 kali/menit. Lengan bawah/pergelangan tangan: Lebih dari 10</p>	<p>Stopwatch</p>	<p>Gerakan/ detik</p>

			kali/menit Jari: Lebih dari 200 kali/menit		
5.	<i>Contact stress</i>	Tekanan yang terus menerus dan berulang-ulang antara jaringan tubuh yang sensitive dengan benda keras atau tajam	Beresiko ≥ 2 jam/hari Tidak beresiko < 2 jam/hari	Stopwatch	-
6.	<i>Getaran</i>	Gerakan bolak balik suatu massa melalui keadaan seimbang terhadap suatu titik acuan secara berulang yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia, pada lokasi tertentu di tubuh atau seluruh tubuh	Beresiko: ada vibrasi Tidak beresiko: tidak ada vibrasi	Observasi	Hz
7.	<i>Ukuran</i>	Besar atau kecilnya suatu alat yang berpengaruh dalam pengerahan tenaga manusia dalam mengendalikan alat tersebut.	Beresiko, tidak dapat digenggam karena terlalu kecil atau terlalu besar Tidak beresiko, dapat digenggam dengan nyaman	Observasi	Cm, cm ² , cm ³
8.	<i>Jangkauan</i>	Kemampuan tubuh/tangan dalam meraih sesuatu pada jarak tertentu	Beresiko, jika tidak dapat dicapai tanpa upaya tubuh mencondongkan badan Tidak beresiko, jika dapat dicapai tanpa upaya tubuh mencondongkan badan	Observasi	Centimeter
9.	<i>Ruang gerak</i>	Ruang disekitar pekerja yang tersedia untuk dapat bergerak secara 3 dimensi.	Beresiko, jika menghambat gerakan pekerja secara horizontal dan vertikal Tidak beresiko, jika tidak menghambat gerakan secara horizontal dan vertikal	Observasi	m ²

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian studi kasus dengan pendekatan observasional yang dilakukan dengan pengamatan lapangan. Pengamatan di lapangan ditujukan untuk mengidentifikasi faktor risiko ergonomi yang berpotensi menimbulkan keluhan gangguan otot rangka, terhadap pekerjaan pengecoran pada proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II.

4.2. Lokasi dan Waktu

Kegiatan penelitian ini dilakukan di wilayah Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II. Dengan waktu analisis yang digunakan ialah pada bulan Oktober - Desember 2008.

4.3. Objek Penelitian

Objek penelitian yang diamati dalam penelitian ini adalah pekerja pengecoran plat pada Proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II.

4.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara:

a. Pengamatan Lapangan

Untuk mengobservasi task-task yang ada pada proyek Pelebaran Ruas Tol Sedyatmo Tahap II. Untuk tiap-tiap task tersebut diamati postur yang meliputi gerakan tubuh, tangan, kaki dan beban yang di angkat.

b. Pengambilan foto dan video

Untuk merekam temuan-temuan faktor risiko dalam bentuk foto dan film.

4.5. Alat pengumpul data

Alat yang digunakan untuk pengumpulan data ini meliputi:

a. Video cam

Untuk merekam gambar semua kegiatan pekerjaan pada proyek konstruksi yang berkecendrungan berisiko terhadap gangguan otot rangka.

b. Kamera

Untuk mengambil foto dalam rangka melengkapi gambar postur kerja

c. Alat pengukur waktu (*stopwatch*)

Untuk mengetahui waktu observasi mengamati postur kerja dalam 1 menit

4.6. Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan pada penelitian ini merupakan data primer untuk hasil pengamatan lapangan atau observasi dan pengambilan foto/video.

4.7. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan metode analisis kualitatif berdasarkan hasil temuan di lapangan mengacu kepada kerangka konsep dan definisi operasional serta dukungan dari bahan-bahan pustaka.

Data-data yang dikumpulkan adalah fakta mengenai adanya faktor risiko dilapangan yang meliputi postur janggal, pengerahan tenaga berlebihan (*overexertion*), gerakan repetitive, dan getaran. Kemudian dianalisis apakah bersiko atau tidak pada system otot rangka dikaitkan dengan lamanya (durasi) pekerja terpapar faktor risiko tersebut dengan mengacu pada criteria yang ditetapkan pada definisi operasional dan tinjauan pustaka.

Selanjutnya temuan tersebut dibahas lebih lanjut pada Bab VII mengenai aspek-aspek penyebabnya ditinjau dari aspek peralatan, desain *task*, dan lingkungan kerja sesuai dengan variable yang tercantum pada kerangka konsep.

4.8. Penyajian Hasil Penelitian

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk deskripsi yang dilengkapi dengan foto-foto dan gambar yang mendukung. Struktur penyajian hasil penelitian adalah dengan mengelompokkan temuan berdasarkan *task*.

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Volume dan waktu pengecoran

Total volume untuk pengecoran plat lantai adalah sebesar 10.472 m³ dengan ukuran panjang 4.760 meter, lebar 11 meter, dan tebal 0,2 meter. Dari keseluruhan area kerja tersebut, dibagi 7 zona kerja dimana masing-masing zona adalah sepanjang 680 meter. Pekerjaan tersebut dilaksanakan oleh 3 (tiga) tim pengecoran yang masing-masing dipimpin oleh 1 (satu) orang mandor dengan pembagian kerja sebagai berikut:

- Tim 1 bertanggung jawab atas zona 1, 2 dan 3
- Tim 2 bertanggung jawab atas zona 4 dan 5
- Tim 4 bertanggung jawab atas zona 6 dan 7

Dalam satu kali siklus pengecoran plat lantai, target volume yang harus tercapai rata-rata adalah sepanjang 50 meter (1 slab) dengan volume 110 m³. Namun kenyataan dilapangan, biasanya akan ditambahkan sebanyak $\pm 10 - 15$ m³ lagi karena isi *Half Slab* (berupa balok tumpuan dari *precast*) seringkali belum mencapai volume yang diinginkan, sehingga perlu dicor kembali bersamaan dengan pengecoran plat lantai.

Untuk mencapai target tersebut, maka sumber daya yang dibutuhkan adalah 1 unit pompa, 20 unit truk mixer (1 truk *mixer* berisi 6 m³ adukan beton), dan pekerja yang dikerahkan adalah sebanyak 20 orang dengan komposisi sebagai berikut:

- 4 orang tim pompa
- 1 orang teknisi uji slump
- 2 orang menuangkan beton (berganti-gantian)
- 5 orang menyebarkan beton
- 3 orang memadatkan beton dengan sistem vibrator
- 5 orang meratakan beton

Untuk menghindari kemacetan pada ruas tol sebelumnya, maka PT. Jasa Marga baru mengizinkan pelaksanaan pengecoran pada malam hari mulai pukul 22.00 dan selesai maksimal sampai dengan pukul 05.00 pagi, atau sekitar 6 jam.

5.2. *Tasks* pada Pekerjaan Pengecoran

Secara umum, terdapat beberapa variasi pekerjaan dalam pengecoran, yaitu:

1. Pelaksanaan uji slump
2. Menyambung pipa pompa
3. Menuangkan beton ke area pengecoran
4. Pemadatan pada beton (*vibrating sytem*)
5. Menyebarkan beton
6. Meratakan permukaan beton
7. Merapikan permukaan beton
8. Menggarisi permukaan beton

5.2.1. Pelaksanaan Uji Slump

5.2.1.1. Deskripsi Task

Uji Slump dilakukan untuk mengetahui mutu beton yang digunakan apakah sesuai dengan perencanaan. Uji slump dilakukan pada saat sebelum pengecoran berlangsung, dan dilakukan terhadap sampel beton dari masing-masing truk *mixer*.

Pada tiap satu truk *mixer* (1 *batch* adukan beton) harus dilakukan uji slump sebanyak 1 (satu) kali. Uji slump ini dilakukan oleh 1 (satu) orang pekerja.

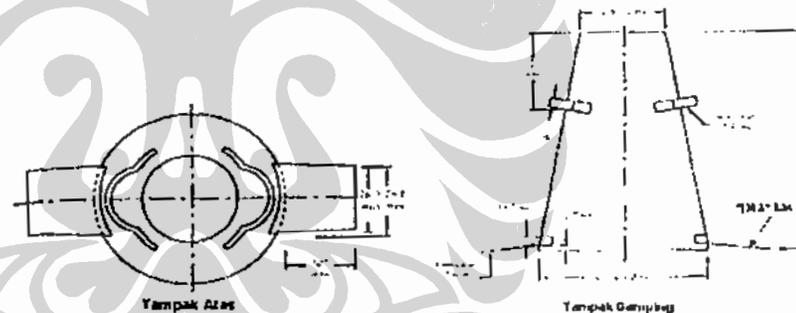
Uji slump dilakukan dengan memasukkan sampel adukan beton kedalam cetakan slump dari lubang bagian atas cetakan menggunakan sekop kecil. Pemasukan adukan dilakukan dalam tiga lapisan dimana setiap lapis kira-kira sepertiga dari volume cetakan. Pada saat pengisian beton, cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan menusuk-tusukkan beton dengan batang penusuk sebanyak 25 tusukan. Setelah cetakan padat dan terisi penuh, cetakan dilepaskan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati sampai setinggi kira-kira 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Waktu yang diperlukan dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, kira-kira 2 ½ menit. Akibat pengangkatan cetakan tersebut beton akan runtuh. Tinggi beton setelah runtuh segera diukur dengan meteran/mistar untuk menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan. Hasil ukur tersebut akan mengindikasikan mutu beton tersebut.

5.2.1.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam melakukan test slump yaitu:

1. Cetakan Slump

Cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut, dimana bagian atas mempunyai diameter lubang yang lebih kecil dari pada bagian bawah. Cetakan dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk menjaga agar cetakan tidak bergeser atau goyang pada saat diisi dengan adukan beton.



Gambar 5.1 - Cetakan untuk uji slump

2. Sekop kecil

Merupakan alat untuk mengambil dan memasukkan adukan beton ke dalam cetakan.

3. Batang penusuk

Merupakan alat untuk memadatkan adukan beton dalam cetakan. Batang penusuk merupakan suatu batang baja yang lurus, penampang lingkaran dengan diameter

16 mm dan panjang sekira 600 mm, memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm. Pemakaiannya adalah dengan menusuk-tusukkan batang kedalam cetakan slump yang sudah diisi sampel beton yang akan diuji.

4. Pelat dasar

Berupa lempengan pelat yang tidak menyerap air dan cukup luas untuk dapat menampung adukan sampel beton basah setelah cetakan slump di angkat.

5. Meteran

Dapat berupa mistar atau meteran besi yang digunakan untuk mengukur ketinggian slump setelah runtuh akibat cetakan slump dilepas.

5.2.1.3. Lingkungan Kerja

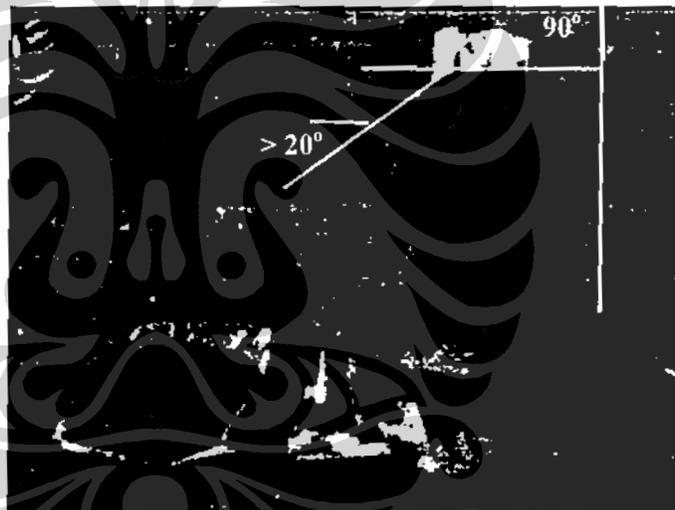
Pelaksanaan test slump dilakukan di area terbuka, biasanya di atas permukaan tanah atau lantai yang datar. Semua peralatan dan bahan yang digunakan diletakkan diatas tanah disekeliling pekerja.

5.2.1.4. Temuan Faktor Risiko

Pengujian slump dilakukan rata-rata sebanyak 20 kali sesuai dengan jumlah mobil mixer dalam rentang waktu 6 jam atau rata-rata 15 - 20 menit sekali. Berdasarkan hasil observasi dari penulis, terlihat bahwa pekerja berada pada postur punggung membungkuk dengan sudut $> 45^\circ$ dan leher terjadi *bending* $> 20^\circ$. Postur punggung dan leher tersebut termasuk postur janggal yang beresiko. Postur janggal ini dipertahankan selama 2,5 menit. Namun dengan waktu jeda antara pengujian sampel yang satu dengan yang lain adalah 15-20 menit, maka waktu untuk istirahat

dan pemulihan bagi pekerja lebih lama dari waktu kerja. Hal ini menyebabkan pekerjaan uji slump mempunyai tingkat risiko yang rendah.

Pada siku terjadi gerakan repetitif saat pekerja harus melakukan gerakan menusuk sebanyak 75 tusukan selama ± 25 menit. Gerakan repetitif dengan frekuensi ≥ 10 gerakan per menit maka dikategorikan beresiko. Namun dengan waktu jeda antara pengujian sampel yang satu dengan yang lain adalah 15-20 menit, sehingga waktu untuk istirahat dan pemulihan bagi pekerja lama dari waktu kerja, maka kondisi ini menjadi mempunyai tingkat risiko yang rendah.



Gambar 5.2 - Postur Pengujian Slump

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1. Faktor Risiko Uji Slump

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Punggung	Membungkuk dengan sudut > 45°	2,5 menit	20 kali dengan jeda waktu 15-20 menit per kegiatan	Tidak beresiko
Leher	Mendongak > 20°	2,5 menit	20 kali dengan jeda waktu 15-20 menit per kegiatan	Tidak beresiko
Siku	Gerakan repetitif > 10 gerakan per menit	1,5 menit	20 kali dengan jeda waktu 15-20 menit per kegiatan	Tidak beresiko

5.2.2. Menyambung Pipa Pompa

5.2.2.1. Deskripsi Task

Untuk menyalurkan beton ke area yang diinginkan, maka adukan beton dari truk mixer harus dimasukkan dalam mesin pompa dorong dan dialirkan dalam pipa-pipa penyalur. Agar dapat mencapai area pengecoran yang diinginkan, maka panjang pipa harus disesuaikan. Pada pengecoran pelat jalan, pipa yang dibutuhkan tidak terlalu panjang karena lokasi dapat didekati langsung oleh truk mixer. Disamping itu, pipa *existing* yang berasal dari mesin pompa telah tersedia sepanjang 12 meter.

5.2.2.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk menyambung pipa yaitu:

1. Pipa

Pipa ini memiliki diameter 12,7 cm (5") dengan panjang sekitar 2,5 meter. Karena terbuat dari bahan karet, pipa ini agak lentur, namun cukup kokoh dan kuat untuk menahan aliran beton sampai dengan 260 bar.

2. Klem pengunci

Alat pengunci ini terbuat dari besi berbentuk melingkar dengan diameter yang dapat diatur sesuai dengan diameter pipa yang akan dikunei.

5.2.2.3. Lingkungan Kerja

Penyambungan pipa dilakukan pada area terbuka. Tidak ada gangguan terhadap jangkauan dan pergerakan pekerja.

5.2.2.4. Temuan Faktor Risiko

Pada pengecoran plat jalan yang diamati oleh peneliti, pipa yang akan disambung pada pompa hanya ada 2 (dua) pipa yang terdiri atas pipa besi dan pipa karet. Cara pemasangannya adalah dengan mempertemukan ujung pipa karet dengan pipa existing, kemudian dikunci dengan klemp. Pekerja yang bertugas menyambung pipa tersebut terdiri atas dua orang, dimana 1 (satu) orang memegang pipa dan 1 (satu) orang mengunci klemp.

Berdasarkan hasil obserasi dari penulis, terlihat bahwa terjadi proses *manual handling* pada saat pekerja membawa pipa ke lokasi penyambungan, terutama pada pipa besi. Menurut informasi dari pekerja di lapangan, berat pipa tersebut sekitar 30 kg. Pengangkatan pipa biasanya dilakukan oleh dua orang dengan cara dipanggul pada bahu. Dengan demikian, maka diasumsikan bahwa berat beban terbagi 2 yaitu sekitar 15 kg per orang dengan jarak pemindahan < 10 meter. Mengacu kepada *UK Manual Handling Regulation*, dinyatakan bahwa beban yang dibawa pada posisi diatas tinggi bahu maksimal adalah 10 kg, namun jika dibebankan pada pundak maka dapat dipertimbangkan untuk beban yang lebih berat. Sayangnya belum ditemukan

literatur mengenai batasan yang mengatur beban maksimum yang boleh ditumpukan pada pundak.

Pekerjaan *repetitif* dengan frekuensi 1-2 gerakan per detik yang disertai pengerahan tenaga pada tangan juga terjadi pada saat mengunci klem untuk menyambung pipa. Pekerjaan repetitif ini hanya terjadi dalam durasi yang relatif singkat yaitu sekitar 20 detik, dan hanya dilakukan sebanyak 2 kali penyambungan, sehingga dari aspek repetitif dapat dianggap tidak beresiko. Sedangkan dari aspek pengerahan tenaga, peneliti tidak melakukan pengukuran mengenai besarnya *force* yang dikeluarkan pekerja pada saat melakukan gerakan repetitif tersebut dikarenakan keterbatasan alat ukur. Hal ini disadari sebagai salah satu keterbatasan dalam penelitian ini.



Gambar 5.3 - Penyambungan pipa pompa

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2. Faktor Risiko Penyambungan Pipa Pompa

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Pundak	<i>Lifting</i> pada pundak \pm 15 kg	-	2 kali	Beresiko
Lengan dan siku	Gerakan repetitif 1-2 gerakan per detik, dengan pengerahan tenaga (<i>force</i>)	20 detik	2 kali	Tidak dapat ditetapkan karena bcsarnya <i>force</i> tidak diukur

5.2.3. Menuangkan Beton Ke Area Pengecoran

5.2.3.1. Deskripsi Task

Pipa dari pompa hanya bersifat menyalurkan dan menuangkan adukan beton. Untuk mengarahkan ke area-area pengecoran, pipa cor harus dipindah-pindahkan secara manual oleh 1 orang pekerja. Selain itu, dengan kekuatan penyemprotan sampai dengan 260 bar, dan pipa dalam kondisi menggantung, maka ujung pipa pengecoran juga harus ditahan agar tidak bergerak secara sporadis.

5.2.3.2. Alat Yang Digunakan

Dalam mengatur penyemprotan adukan beton ke area yang diinginkan menggunakan pipa yang disambungkan pada pompa beton. Pemindahan pipa dilakukan dengan tenaga manual, tanpa menggunakan alat bantu.

5.2.3.3. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan area terbuka dengan dasar pijakan adalah besi-besi tulangan yang telah dirangkai menjadi tulangan plat.

5.2.3.4. Temuan Faktor Risiko

Pekerjaan untuk mengarahkan pipa eor agar dapat mencapai area yang diinginkan merupakan pekerjaan *manual handling*, dimana pekerja melakukan gerakan-gerakan mendorong (*pushing*) dan menahan (*holding*). Pada task ini, pekerja harus mengeluarkan tenaga (*force*) yang cukup besar pada tangan, pundak dan kaki untuk menahan dan mengarahkan pipa yang menyempotkan beton dengan tekanan yang besar (mencapai 260 bar). Dikarenakan keterbatasan alat ukur, maka tenaga (*force*) yang diupayakan pekerja untuk melakukan task ini tidak dapat diukur oleh peneliti. Namun berdasarkan pengamatan peneliti, dari postur pekerja saat menahan dan mengarahkan pipa tersebut, dimana pekerja harus menahan pipa dengan kedua tangan dengan tubuh dicondongkan ke depan dengan sudut $30^{\circ} - 60^{\circ}$, bahkan terkadang terlihat tubuh pekerja agak tersentak akibat tekanan aliran beton dari pompa. Berdasarkan kondisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan ini memerlukan upaya pengerahan tenaga yang besar sehingga beresiko terutama terhadap pundak kanan dan otot perut.



Gambar 5.4 - Mengarahkan penuangan beton

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.3 berikut:

Tabel 5.3. Faktor Risiko Penuangan Beton

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Tangan, pundak, otot perut	<i>Manual handling</i> mendorong (<i>pushing</i>) dan menahan (<i>holding</i>) beban yang besar	4-5 jam	Terus menerus	Beresiko

5.2.4. Pematatan beton dengan sistem vibrasi

5.2.4.1. Deskripsi Task

Beton yang dituangkan kedalam cetakan (*bekisting*) tulangan tidak dapat mengisi celah-celah tulangan secara merata. Hal ini disebabkan komposisi beton yang terdiri atas air, semen, dan agregat. Oleh sebab beton cair yang dituangkan ke

bekisting harus di-*vibrator* agar campurannya merata dan homogen sehingga tidak terjadi karang beton. Selain itu, proses vibrator ini juga bertujuan untuk mengatur penyebaran adukan beton secara merata ke dalam celah-celah tulangan untuk mencegah terjadinya segregasi atau membuat beton menjadi keropos.

5.2.4.2. Alat Yang Digunakan

Vibrator adalah sejenis alat penggetar berbentuk selang dengan tenaga diesel yang digunakan untuk menggetarkan beton. Vibrator ini terdiri atas 1 mesin penggetar dan semacam belalai yang cukup panjang untuk dapat menjangkau tempat-tempat yang jauh. Pada ujung belalai terdapat besi solid sepanjang 20 cm merupakan bagian yang dicelupkan ke dalam beton, dan panjang belalai adalah 6 meter.



Gambar 5.5 - Belalai vibrator

5.2.4.3. Lingkungan Kerja

Pekerjaan *vibrator* beton dilakukan pada area terbuka dengan luas area kerja sesuai dengan luas area yang dicor. Objek kerja terletak berada di bawah kaki pekerja.

5.2.4.4. Temuan Faktor Risiko

Untuk memberi getaran pada beton, pekerja memegang belalai vibrator sambil menusukkan ujung vibrator kedalam adukan beton selama ± 20 detik, kemudian pindah area lain sejauh ± 50 cm dari lokasi semula.

Besarnya getaran yang terjadi pada ujung vibrator berdasarkan keterangan dari buku manual pabrik adalah 180 Hz. Namun karena keterbatasan alat ukur, besarnya getaran yang menjalar pada tangan tidak diukur. Menurut keterangan dari pekerja, mereka merasakan sedikit getaran pada saat menggenggam bagian belalainya.

Postur pekerja pada saat melakukan *task* menggetarkan beton ini cukup bervariasi. Hal ini dikarenakan pekerjaan memvibrator mengharuskan pekerja berpindah-pindah tempat sepanjang area pengecoran. Postur yang cukup dominan terjadi adalah leher menunduk dengan sudut $> 20^\circ$. Hal ini berlangsung cukup lama dan secara terus menerus selama ± 4 jam sehingga kondisi ini dapat dianggap beresiko.

Pada kegiatan vibrator ini juga terjadi proses mengangkat belalai vibrator untuk memindahkan vibrator dari satu tempat ke tempat lainnya. Estimasi beban yang diangkat adalah sekitar 5 kg. Ditinjau dari aspek beban, maka beban vibrator tersebut tergolong ringan. Namun karena posisi pengangkatan menyebabkan bahu pekerja harus terangkat dan tangan terbuka kesamping dengan sudut $> 45^\circ$, dimana kondisi ini terjadi secara berulang-ulang dalam durasi yang lama yaitu 4-5 jam, maka kondisi ini menjadi beresiko terhadap bahu.



Gambar 5.6 - Kegiatan memberi getaran pada beton

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4. Faktor Risiko Kegiatan *Vibrating*

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Pergelangan tangan	Getaran lokal	4-5 jam	Terus menerus	Tidak dapat ditetapkan karena besarnya getaran tidak diukur
Leher	Menunduk dengan sudut $>20^\circ$	4-5 jam	Terus menerus	Beresiko
Lengan, bahu	Mengangkat dan membuka $>45^\circ$ dengan beban $\pm 5\text{kg}$	4-5 jam	Terus menerus	Beresiko

5.2.5. Menyebarkan beton

5.2.5.1. Deskripsi Task

Beton yang dituang dari pompa tidak dapat menyebar dengan rata kedalam *bekisting*, dimana akan agak menumpuk pada titik jatuhnya beton cair tersebut. Oleh sebab itu beton harus dikais (digaruk) untuk menyebarkan beton secara merata agar dapat mengisi tempat-tempat pada *bekisting* yang masih kosong. Penggarukan ini dilakukan secara terus menerus selama beton dituang.

5.2.5.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk mengais/menggaruk beton adalah sebuah cangkul. Berat rata-rata cangkul yang digunakan adalah 1 kg dengan ukuran diameter tangkai adalah 5 cm dan panjang tangkai adalah 80 cm.

5.2.5.3. Lingkungan Kerja

Pekerja berdiri diatas besi-besi yang telah dirangkai menjadi tulangan pelat lantai yang sedang di cor dan dengan area kerja seluas area yang akan dicor. Objek yang disebarakan berada di atas permukaan lantai kerja.

5.2.5.4. Temuan Faktor Risiko

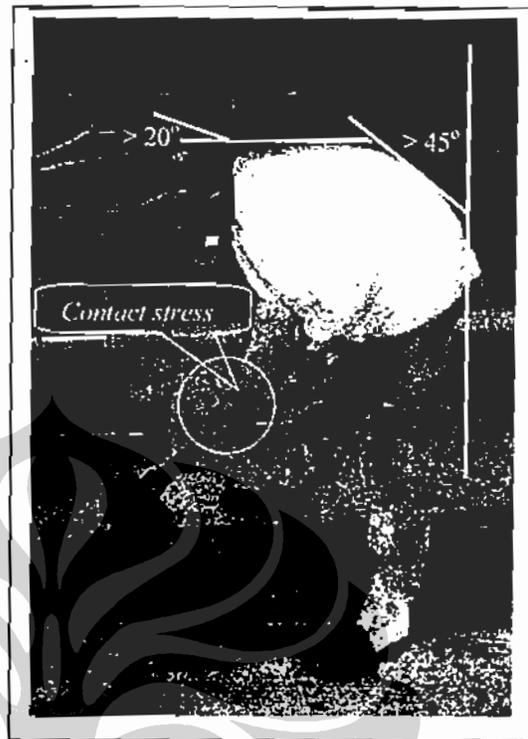
Agar dapat menyebarkan beton untuk mengisi tempat-tempat pada *bekisting* yang masih kosong, pekerja melakukan gerakan mengais atau menggaruk, yaitu dengan mengayunkan cangkul ke tumpukan beton kemudian ditarik.

Pada saat melakukan kegiatan penyebaran beton ini terdapat postur yang beresiko yaitu punggung membungkuk dengan sudut $> 45^\circ$ dengan durasi 3-5 menit,

secara berulang-ulang selama 4 - 5 jam kerja. Pada leher kadang-kadang terjadi *bending*, namun dengan sudut yang tidak beresiko yaitu $< 20^\circ$.

Gerakan repetitif terjadi pada siku dan bahu, yaitu ketika melakukan gerakan-gerakan mengayunkan cangkul untuk mengais beton. Frekuensi gerakan repetitif tersebut adalah sekitar 20 gerakan per menit, dengan total durasi adalah selama 4 jam kerja. Menurut Kilbom Å (1994), yang dikutip dari NIOSH 1997, *Elements of Ergonomics Programs*, maka hal ini beresiko terhadap lengan atas/siku dan bahu. Kondisi ini diperparah dengan adanya beban yang harus ditarik secara berulang-ulang tersebut yaitu beban alat (cangkul) sekitar 4 kg dan beban beton basah. Karena keterbatasan alat ukur, maka tenaga (*force*) yang dikeluarkan untuk gerakan menarik ini tidak dapat diukur.

Pada telapak tangan terutama di sebelah kanan terjadi *contact stress* dengan pegangan cangkul yang terbuat dari bahan kayu karena pekerja harus menggenggam erat cangkul tersebut agar dapat diayunkan dengan mantap untuk mengais beton. Durasi terjadinya *contact stress* ini selama sekitar 4 jam secara terus menerus merupakan kondisi yang beresiko. Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.5.



Gambar 5.7 - Kegiatan menyebarkan beton

Tabel 5.5. Faktor Risiko Kegiatan Menyebarkan Beton

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Punggung	Membungkuk $>45^{\circ}$	3-5 menit	-	Beresiko
Siku, bahu	Gerakan repetitif 20 gerakan/menit	4-5 jam	-	Beresiko
Pergelangan tangan	<i>Contact stress</i>	4-5 jam	Terus menerus	Beresiko

5.2.6. Meratakan permukaan beton

5.2.6.1. Deskripsi Task

Kegiatan meratakan permukaan beton bertujuan untuk melevelkan (meratakan) permukaan beton agar sesuai dengan ketebalan yang diinginkan dengan cara jidar digeser/ditarik dengan searah oleh 2 (dua) orang pekerja pada sisi-sisi yang berseberangan untuk menyapu tumpukan-tumpukan beton yang masih belum rata agar dapat mencapai ketebalan (level) yang diinginkan.

5.2.6.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk meratakan permukaan beton yaitu jidar. Alat ini berupa batang aluminium *hollow* berbentuk kotak pipih berukuran 2 x 8 cm dengan panjang disesuaikan dengan lebar pelat yang akan dicor.

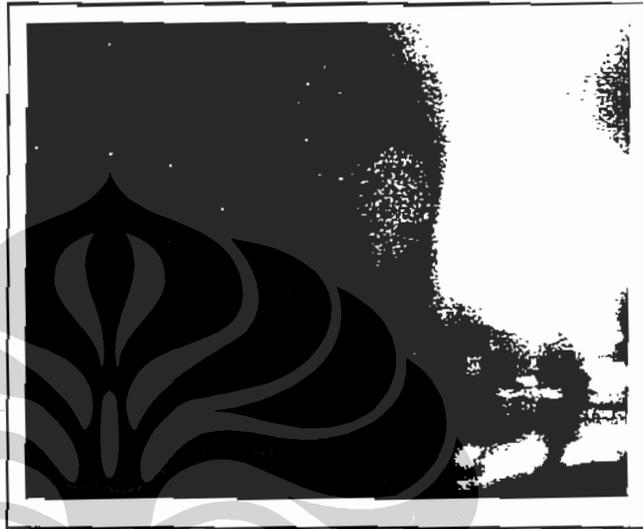
5.2.6.3. Lingkungan Kerja

Ruang gerak pekerja hanya untuk bergeser/mundur kebelakang, dimana hanya tersedia ruang gerak selebar satu jalur. Objek yang dikerjakan berada diatas lantai kerja.

5.2.6.4. Temuan Faktor Risiko

Postur janggal terjadi pada pekerjaan meratakan permukaan beton ini, yaitu punggung membungkuk dengan sudut $> 45^\circ$. Pada kaki juga terdapat postur janggal, yaitu bekerja dalam posisi berjalan mundur setengah berjongkok. Pekerjaan menjidar ini dilakukan selama 30 detik dengan frekuensi 1 kali dalam 1-2 menit, selama 4 jam

kerja. Kondisi ini dianggap tidak beresiko bagi pekerja karena pekerja masih sempat melakukan variasi postur dalam jeda waktu yang ada.



Gambar 5.8 – Kegiatan meratakan permukaan beton

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6. Faktor Risiko Kegiatan Meratakan Permukaan Beton

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Punggung	Membungkuk >45°	30 detik	1 kali/1-2 menit	Tidak beresiko
Kaki	Berjongkok/ setengah jongkok	30 detik	1 kali/1-2 menit	Tidak beresiko

5.2.7. Merapikan permukaan beton

5.2.7.1. Deskripsi Task

Kegiatan merapikan permukaan beton ini merupakan kegiatan menggosok permukaan beton agar tampak lebih rapi dan rata. Dalam melakukan pekerjaan ini, pekerja harus melakukan gerakan menggosok secara berulang-ulang pada permukaan beton.

5.2.7.2. Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk merapikan permukaan beton adalah ruskam. Ruskam ini terdiri atas lempengan logam/kayu dengan permukaan bawah yang licin serta dipasang gagang kayu pada dibagian atas lempengan sebagai tempat memegang alat tersebut.



Gambar 5.9 - Ruskam

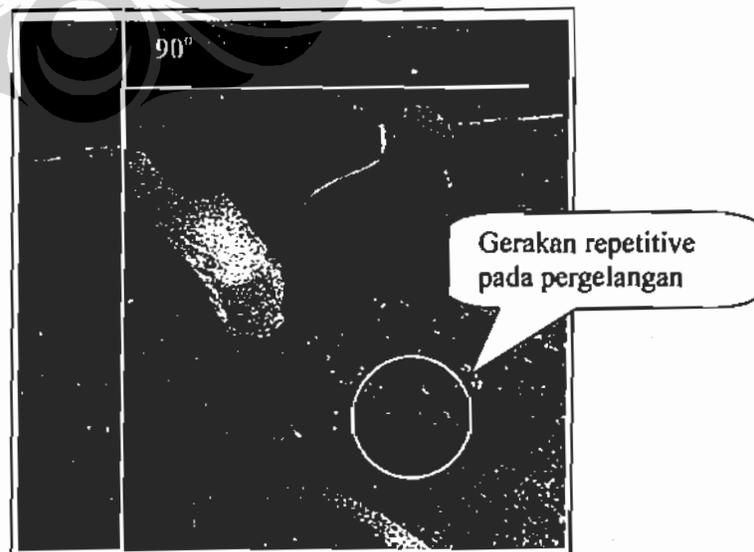
5.2.7.3. Lingkungan Kerja

Tempat kerjanya adalah area terbuka seluas area yang akan di cor. Bidang kerja berada dibawah.

5.2.7.4. Temuan Faktor Risiko

Berdasarkan hasil observasi, penulis menemukan bahwa terjadi postur janggal yang cukup ekstrem pada punggung yaitu membungkuk sampai dengan 90° . Postur janggal ini dipertahankan pekerja selama ± 20 detik, kemudian diluruskan kembali selama ± 5 detik, dan diulang-ulang kembali secara terus menerus dalam durasi ± 4 jam. Kondisi seperti ini adalah kondisi yang beresiko terhadap punggung pekerja.

Gerakan repetitif terjadi pada pergelangan tangan yang membentuk *ulnar deviation* dan *radial deviation*. Secara seirama, gerakan repetitif ini juga terjadi pada siku dan pundak pekerja. Kondisi ini terjadi secara berulang-ulang dengan frekuensi repetisi sebesar 1-2 gerakan per detik. Kondisi ini dapat berlangsung dengan durasi selama 4 jam kerja. Menurut Kilbom Å yang dikutip dari NIOSH Publikasi 97-117, gerakan repetitif pada pergelangan tangan dan siku dengan frekuensi > 10 , pada bahu dengan frekuensi $2 \frac{1}{2}$ gerakan per menit dan berlangsung dalam durasi yang panjang merupakan kondisi yang beresiko.



Gambar 5.10 - Merapikan permukaan beton

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7. Faktor Risiko Kegiatan Merapikan Permukaan Beton

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Punggung	Membungkuk >45°	20 detik	1 kali/5 detik	Beresiko
Pergelangan tangan, siku, bahu	Gerakan repetitif 1-2 gerakan per detik	20 detik	1 kali/5 detik	Beresiko

5.2.8. Menggarisi permukaan beton

5.2.8.1. Deskripsi Task

Setelah pelat beton selesai di cor, maka permukaan jalan akan dilapisi oleh aspal. Untuk mempermudah pengikatan antara aspal dengan beton, permukaan beton tidak boleh terlalu licin/halus. Oleh sebab itu, setelah satu jam beton selesai di cor, maka perlu dibuat garis-garis halus pada permukaan beton sehingga agar permukaan beton terasa kasar. Untuk menggarisi permukaan beton menggunakan alat penggaris beton, pekerja harus melakukan gerakan menarik alat penggaris sambil sedikit menekan kepermukaan beton. Gerakan dilakukan secara berulang-ulang sampai seluruh permukaan beton dipenuhi dengan garisan-garisan kasar.

5.2.8.2. Alat Yang Digunakan

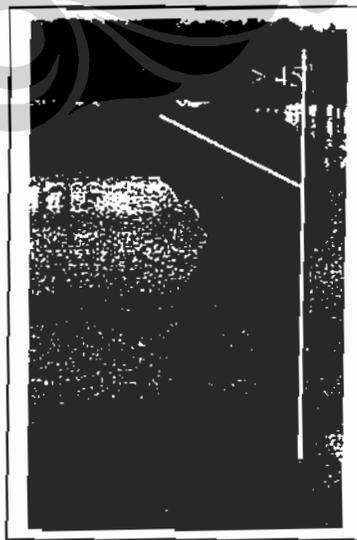
Alat yang digunakan untuk menggarisi permukaan beton yaitu alat penggaris. Alat ini berbentuk seperti cangkul, namun dengan bagian ujung lempeng yang bergerigi. Cara penggunaannya adalah dengan menarik alat tersebut sepanjang permukaan beton.

5.2.8.3. Lingkungan Kerja

Area kerja terbuka diatas permukaan beton yang sudah agak mengeras. Objek yang digarisi berada diatas permukaan lantai kerja.

5.2.8.4. Temuan Faktor Risiko

Berdasarkan hasil observasi, peneliti menemukan postur janggal terjadi pada punggung yang membentuk sudut sampai dengan $> 45^\circ$. Gerakan repetitif juga terjadi pada bahu dan siku pekerja. Namun dikarenakan durasi pekerjaan relatif singkat, yaitu selama ± 30 menit, maka kondisi ini dapat digolongkan tidak beresiko.

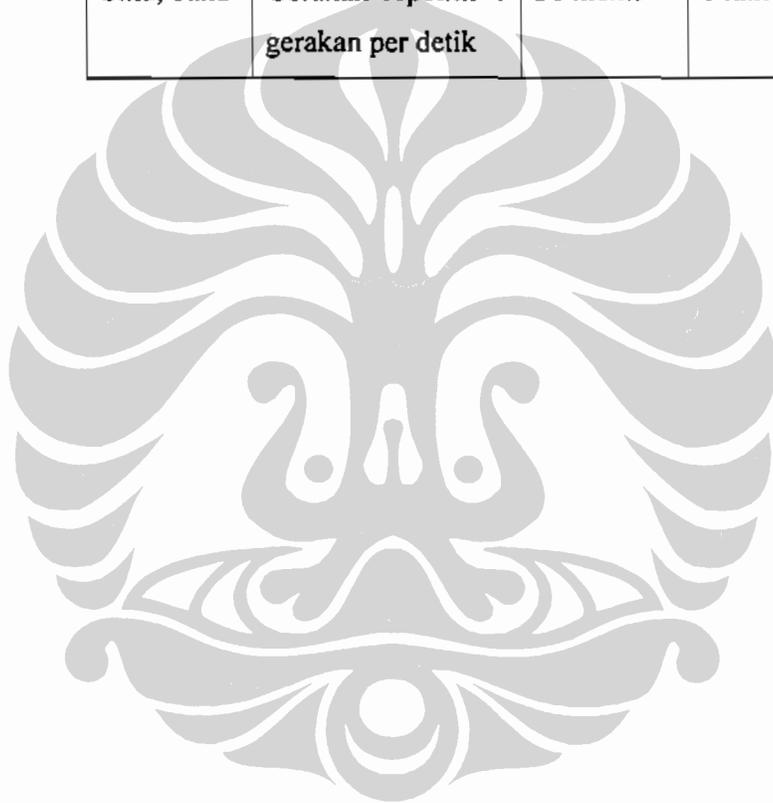


Gambar 5.11 - Menggarisi beton

Secara ringkas, faktor risiko tersebut disajikan pada tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8. Faktor Risiko Kegiatan Menggarisi Permukaan Beton

Bagian Tubuh	Faktor Risiko	Durasi	Frekuensi	Keterangan
Punggung	Membungkuk >45°	30 menit	1 kali	Tidak beresiko
Siku, bahu	Gerakan repetitif 1 gerakan per detik	30 menit	1 kali	Tidak beresiko



BAB VI

PEMBAHASAN

6.1. *Task* Pengujian Slump

Dari hasil observasi pada Bab V terlihat bahwa pengujian slump memiliki dua faktor risiko yaitu postur janggal dan gerakan repetitif. Postur janggal yang terjadi adalah punggung membungkuk dengan sudut $> 45^\circ$ dan leher mendongak dengan sudut $> 20^\circ$ dari posisi normal.

Hal ini terjadi karena *task* pengujian slump ini memang didesain untuk dilakukan di atas permukaan tanah dengan pertimbangan kepraktisan di lapangan. Untuk mendukung metode tersebut, maka dari aspek peralatan didesain bentuk alat cetak slump dibuat semacam kuping untuk diinjak oleh pekerja pada saat pengujian dengan maksud agar cetakan tidak bergerak pada saat proses pengujian berlangsung. Area kerja adalah di atas tanah atau lantai terbuka yang tidak mempersulit pergerakan pekerja, sehingga tidak berkontribusi sebagai penyebab terjadinya postur janggal. Namun karena bidang kerja (*layout*) berada pada posisi yang rendah, maka hal ini menyebabkan pekerja harus melakukan postur membungkuk. Dapat disimpulkan bahwa *task*, alat kerja, dan lingkungan kerja yang saling berinteraksi menyebabkan timbulnya faktor risiko postur janggal.

Untuk gerakan repetitif yang beresiko yaitu 30 gerakan per menit terjadi karena dari aspek *task*, dimana metode pengujian tersebut memang mengharuskan adanya gerakan menusuk-nusuk dengan cepat untuk memadatkan sampel beton dalam cetakan slump. Sedangkan alat yang disediakan berupa batang penusuk, yang sehingga gerakan menusuk-nusuk tersebut harus secara manual harus

dilakukan oleh pekerja. Faktor area kerja yang cukup luas tidak mengganggu ruang gerak dan tata letak peralatan tidak menyulitkan dalam hal jangkauan pekerja. Dapat didimpulkan bahwa interaksi antara faktor *task* dan alat kerja berkontribusi terhadap terjadinya faktor risiko gerakan repetitif tersebut.

Namun, faktor-faktor risiko yang terjadi tersebut menjadi tidak beresiko terhadap sistem otot rangka karena total durasi pelaksanaan pekerjaan tersebut hanya 50 menit, Menurut Moore, J dan Garg. A, 1995, total durasi yang kurang dari 10% total jam kerja selama 8 jam dikategorikan sebagai pekerjaan ringan (*light*). Oleh sebab itu, pekerjaan pengujian slump ini termasuk kegiatan yang tidak beresiko menyebabkan gangguan otot rangka.

6.2. Task Penyambungan Pipa Pompa

Ada dua faktor risiko yang terlihat dari hasil observasi pada Bab V, yaitu kegiatan *manual handling* saat pekerja membawa pipa ke lokasi (*carrying*) dengan cara dipanggul pada pundak, dan adanya kegiatan repetitif dengan pengerahan tenaga saat pekerja melakukan penguncian klemp.

Ditinjau dari aspek *task*, kegiatan *manual handling* ini tidak dapat dihindari karena pertimbangan efisiensi, dimana pipa yang harus diangkat jumlahnya hanya sedikit yaitu maksimal 2 batang pipa. Dari aspek peralatan, bentuk pipa yang memanjang sepanjang 2½ meter sangat memungkinkan untuk dibawa secara manual dengan menggunakan tenaga manusia. Masih dari aspek peralatan, dengan berat pipa yaitu ± 30 kg, maka pipa tersebut termasuk beresiko untuk dibawa oleh 1 orang pekerja. Oleh sebab itu di lapangan, pengangkatan dan pemindahan pipa dilakukan oleh 2 orang pekerja dengan cara dipanggul pada bahu. Pendistribusian beban kepada

2 orang pekerja dan teknik pemindahan beban dengan meletakkannya di bahu dapat mengurangi risiko terhadap cedera akibat *manual handling*. Namun peneliti masih belum dapat menyimpulkan apakah aspek *manual handling* ini termasuk katagori beresiko atau tidak karena ada keterbatasan dalam hal literatur yang diacu. Salah satu keterbatasan NIOSH *lifting equation* adalah hanya memperhitungkan pengangkatan dengan dua tangan, sedangkan pada *UK Manual Handling Guideline* tidak secara spesifik menyebutkan batas beban yang dipebolehkan untuk pengangkatan pada posisi memanggul di bahu. Aspek area kerja tidak berkontribusi terhadap timbulnya faktor risiko tersebut karena area kerja merupakan bidang yang luas tanpa penghalang sehingga tidak ada masalah dengan ruang gerak. Pekerja juga tidak melakukan kegiatan meraih benda pada jarak tertentu. Sedangkan jarak pengangkatan untuk memindahkan pipa tidak diberikan batasan yang spesifik baik dalam NIOSH *Lifting Equation* maupun *UK Manual Handling Guideline*.

Walaupun *task* menyambung pipa ini belum dapat ditetapkan apakah beresiko atau tidak, namun tindakan pencegahan perlu dilakukan. Salah satunya adalah dengan menggunakan bantalan bahu pada saat melakukan pengangkutan pipa di bahu (lihat gambar 7.1). Hal ini sesuai dengan rekomendasi NIOSH dalam *Ergonomic Guideline for Manual Material Handling* (<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-131/pdfs/2007-131.pdf>).

Gerakan repetitif dengan frekuensi 1-2 gerakan per detik terjadi pada saat mengunci klemp penyambung pipa terjadi disebabkan oleh aspek peralatan, yaitu desain dari klemp tersebut yang mengharuskan pekerja melakukan gerakan menarik dan mendorong tangkai kunci yang disertai dengan pengerahan tenaga, terutama menjelang akhir penguncian. Aspek lingkungan kerja tidak mempengaruhi terhadap

terjadinya faktor risiko pada pekerja dikarenakan pekerjaan dilakukan pada area kerja yang luas sehingga tidak mengganggu ruang gerak pekerja. Selain itu, tidak ada kegiatan yang bersifat meraih pada *task* menyambung pipa ini. Aspek durasi yang relatif singkat yaitu sekitar 20 detik dan desain metode kerja yang hanya mensyaratkan dilakukannya pekerjaan ini hanya 4 kali, yaitu 2 kali pemasangan dan 2 kali pembongkaran, menyebabkan gerakan repetitif ini termasuk tidak beresiko. Namun karena aspek pengerahan tenaga (*force*) tidak dapat ditetapkan beresiko atau tidaknya karena keterbatasan alat ukur, maka harus dipertimbangkan kemungkinan adanya risiko terhadap cedera otot lengan atas dan bahu.

6.3. *Task* Menuangkan Beton

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, ditemukan adanya faktor risiko *manual handling* pada pekerjaan menuangkan beton, dimana pekerja melakukan gerakan-gerakan mendorong (*pushing*) dan menahan (*holding*). Pada *task* ini, pekerja harus mengeluarkan tenaga (*force*) yang cukup besar pada tangan, pundak dan kaki untuk menahan dan mengarahkan pipa yang menyemburkan beton dengan tekanan yang besar (mencapai 260 bar) agar arah penyemprotan dapat diatur. Gerakan menahan dan mendorong ini membutuhkan upaya yang besar (*overexertion*). Risiko yang dapat terjadi akibat pengerahan tenaga yang besar tersebut adalah cedera pada otot dan tulang secara langsung, terutama pada punggung, pundak, tangan, pergelangan tangan, dan siku. Namun peneliti tidak melakukan pengukuran besarnya pengerahan tenaga yang terjadi dikarenakan keterbatasan alat ukur.

Terjadinya kondisi tersebut antara lain disebabkan oleh aspek lingkungan kerja dari faktor layoutnya yaitu desain penempatan alat (pipa), dimana posisi pipa

untuk mengalirkan beton basah menggantung bebas diatas area yang akan di cor, sehingga setiap saat pipa harus ditahan dengan tenaga manusia agar penyemprotan dapat terarah dengan baik. Dari aspek peralatan, bentuk alat kerja yang berupa pipa silinder tidak menyulitkan dalam mengendalikannya, namun karena adanya faktor beban yang besar dari beton yang dialirkan tersebut menyebabkan *task* ini menjadi sangat beresiko. Aspek durasi yang lama yaitu \pm 4 jam, juga berkontribusi menentukan besarnya risiko yang dapat terjadi terhadap sistem otot rangka.

Untuk mengurangi risiko penggunaan tenaga yang berlebihan pada saat penuangan beton, maka pipa penyalur sebaiknya tidak menggantung bebas di atas area pengecoran, melainkan ditambah panjangnya sampai dapat direbahkan diatas besi tulangan pelat yang akan di cor. Untuk memindahkan area pengecoran, saat ini juga telah tersedia alat geser untuk *hose* berupa plat yang dirancang khusus untuk mempermudah penggeseran *hose* atau dikenal dengan istilah *skid plate* (gambar 7.2). Alat ini termasuk yang direkomendasikan oleh NIOSH dalam Publikasi No 2007-122, *Simple Solution for Construction Worker* (<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-122/pdfs/2007-122-full.pdf>).

6.4. *Task* memadatkan beton dengan sistem vibrasi

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, diketahui bahwa terdapat 2 faktor risiko pada *task* memadatkan beton dengan sistem vibrasi, yaitu getaran lokal pada pergelangan tangan dan postur janggal pada pundak dan tangan karena harus diangkat dengan sudut $> 45^\circ$ saat membawa belalai vibrator dengan beban seberat \pm 5 kg secara berulang-ulang pada saat berpindah area.

Pada faktor risiko vibrasi, getaran dirasakan oleh pekerja pada area pergelangan tangannya. Hal ini disebabkan karena aspek peralatan, dimana belalai yang merupakan pegangan bagi pekerja tidak dapat sepenuhnya meredam kekuatan getaran pada ujung vibrator. Besarnya getaran yang memapari pergelangan tangan pekerja tidak dapat diteketahui dikarenakan keterbatasan pengukuran. Dari aspek *task*, durasi pekerja terpapar getaran pelaksanaan pemadatan beton dengan sistem vibrasi ini cukup beresiko yaitu selama ± 4 jam. Namun, tindakan preventif dapat dilakukan dengan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) berupa sarung tangan tebal pada saat melakukan proses memvibrasi tersebut.

Faktor risiko leher menunduk dengan sudut $> 20^\circ$ yang terjadi pada *task* memadatkan beton dengan sistem vibrasi ini terutama disebabkan aspek lingkungan kerja. Karena pada area pengecoran tersebut terdapat rangkaian tulangan, maka pekerja harus lebih cermat dan berhati-hati saat memasukkan ujung vibrator disela-sela tulangan. Selain itu, karena area kerja berada dibawah, maka hal ini menuntut pekerja banyak melakukan gerakan menunduk. Hal ini menyebabkan pekerja cenderung menunduk untuk memperhatikan posisi vibrator. Aspek durasi yang panjang yaitu sekitar ± 4 jam berkontribusi menjadikan faktor tersebut menjadi beresiko terhadap sistem otot rangka. Untuk mengantisipasi risiko akibat postur janggal ini, kontrol rekayasa keteknikan dengan melakuka *re*-desain tempat kerja tidak mungkin dilakukan, sehingga diperlukan pendekatan dengan kontrol administrasi. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur jadwal istirahat bagi pekerja atau sistem rotasi kerja.

Untuk faktor risiko postur janggal yang terjadi pada tangan dan bahu, penyebabnya adalah dari aspek desain peralatan, dimana desain belalai vibrator yang

panjang menyebabkan pekerja agak kesulitan memindahkan vibrator tanpa mengangkat belalai tersebut dengan cukup tinggi sehingga membentuk postur janggal pada lengan dan pundak. Kondisi ini diperparah dengan adanya beban belalai dan ujung besi sebesar ± 5 kg pada area sepanjang bagian belalai yang dikendalikan pekerja serta aspek durasi pekerjaan yang cukup panjang yaitu ± 4 jam kerja secara terus menerus. Untuk mengantisipasi risiko akibat postur janggal ini, kontrol rekayasa keteknikan dengan melakukan *re*-desain model dan ukuran belalai vibrator saat ini tidak mungkin dilakukan, sehingga diperlukan pendekatan dengan kontrol administrasi. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur jadwal istirahat bagi pekerja atau sistem rotasi kerja.

6.5. *Task* menyebarkan beton

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, diketahui bahwa faktor-faktor risiko yang muncul pada *task* tersebut antara lain adalah postur janggal pada punggung yang membungkuk dengan sudut $> 45^\circ$, gerakan repetitif pada siku dan bahu dengan frekuensi 20 gerakan per menit dan *contact stress* pada pergelangan tangan. Dengan durasi yang cukup lama yaitu ± 4 jam, maka semua faktor risiko yang ada pada *task* ini termasuk beresiko terhadap sistem otot rangka.

Postur janggal yang terjadi pada *task* ini disebabkan oleh aspek peralatan. Desain cangkul yang umumnya dipakai untuk menggali tanah memang menyebabkan pekerja harus berada pada postur membungkuk. Hal ini disebabkan oleh panjang tangkainya yang hanya 80 cm, yang apabila dioperasikan akan menyebabkan pekerja membungkukkan punggungnya. Dengan desain tangkai cangkul seperti ini, dari sisi postur memang dapat beresiko. Akan tetapi, jika ditinjau dari fungsi cangkul sendiri

Pada faktor risiko vibrasi, getaran dirasakan oleh pekerja pada area pergelangan tangannya. Hal ini disebabkan karena aspek peralatan, dimana belalai yang merupakan pegangan bagi pekerja tidak dapat sepenuhnya meredam kekuatan getaran pada ujung vibrator. Besarnya getaran yang memapari pergelangan tangan pekerja tidak dapat diteketahui dikarenakan keterbatasan pengukuran. Dari aspek *task*, durasi pekerja terpapar getaran pelaksanaan pemadatan beton dengan sistem vibrasi ini cukup beresiko yaitu selama ± 4 jam. Namun, tindakan preventif dapat dilakukan dengan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) berupa sarung tangan tebal pada saat melakukan proses memvibrasi tersebut.

Faktor risiko leher menunduk dengan sudut $> 20^\circ$ yang terjadi pada *task* memadatkan beton dengan sistem vibrasi ini terutama disebabkan aspek lingkungan kerja. Karena pada area pengecoran tersebut terdapat rangkaian tulangan, maka pekerja harus lebih cermat dan berhati-hati saat memasukkan ujung vibrator disela-sela tulangan. Selain itu, karena area kerja berada dibawah, maka hal ini menuntut pekerja banyak melakukan gerakan menunduk. Hal ini menyebabkan pekerja cenderung menunduk untuk memperhatikan posisi vibrator. Aspek durasi yang panjang yaitu sekitar ± 4 jam berkontribusi menjadikan faktor tersebut menjadi beresiko terhadap sistem otot rangka. Untuk mengantisipasi risiko akibat postur janggal ini, kontrol rekayasa keteknikan dengan melakuka *re*-desain tempat kerja tidak mungkin dilakukan, sehingga diperlukan pendekatan dengan kontrol administrasi. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur jadwal istirahat bagi pekerja atau sistem rotasi kerja.

Untuk faktor risiko postur janggal yang terjadi pada tangan dan bahu, penyebabnya adalah dari aspek desain peralatan, dimana desain belalai vibrator yang

yang seringkali digunakan untuk menggali atau mengais beban-beban yang relatif berat, maka penambahan panjang tangkai justru akan meningkatkan beban bagi pekerja pada saat mengayunkannya.

Gerakan repetitif yang terjadi pada saat menyebarkan beton disebabkan dari aspek peralatan yang kurang memadai. Penggunaan cangkul sebagai alat untuk menyebarkan beton secara otomatis akan menyebabkan gerakan repetitif. Hal ini dikarenakan lebar besi piringan cangkul yang hanya 25 cm tersebut hanya dapat mengaisi sebagian kecil dari volume beton. Oleh sebab itu harus dilakukan secara berulang-ulang. Hal ini sekaligus berdampak kepada faktor risiko *contact stress* yang berulang-ulang dalam durasi yang lama pada pergelangan tangan pekerja akibat pergelangan tersebut beradu dengan tangkai cangkul yang keras.

Aspek lingkungan kerja yang berada pada area yang cukup luas tidak menimbulkan masalah dalam hal ruang gerak pekerja. Masalah jangkauan dapat disesuaikan dengan postur pekerja sendiri karena tidak adanya hal-hal yang membatasi pergerakan pekerja terhadap objek.

Untuk menghilangkan faktor risiko tersebut, salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti cangkul tersebut dengan alat lain. Saat ini telah tersedia alat penyebar beton yang lebih ergonomis yang dikenal dengan istilah *concrete screeding* (gambar 7.3). Alat ini termasuk salah satu alat yang direkomendasikan oleh NIOSH dalam Publikasi No 2007-122, *Simple Solution for Construction Worker* (<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-122/pdfs/2007-122-full.pdf>).

6.6. *Task* Meratakan Permukaan Beton

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, faktor risiko yang terdapat pada *task* meratakan permukaan beton adalah postur janggal pada punggung yang membungkuk dengan sudut 45° dan dalam posisi berjongkok atau setengah berjongkok. Aspek layout tempat kerja dan desain peralatan merupakan penyebab terjadinya postur janggal ini. Objek kerja yang berada dibawah (level rendah) serta penggunaan jidar sebagai alat meratakan permukaan beton mengharuskan pekerja bekerja dengan postur punggung membungkuk. Hal ini juga menyebabkan pekerja untuk mengambil posisi jongkok atau setengah jongkok. Namun dikarenakan aspek durasi pekerja terpapar pada postur tersebut jika dibandingkan dengan waktu total kerjanya tidak terlalu lama yaitu sekitar 1 jam (tidak secara terus menerus), maka kondisi ini dianggap tidak beresiko.

Saran penggunaan *concrete screeding* di pembahasan pada sub bab 6.5 di atas, dapat sekaligus menghilangkan *task* meratakan permukaan beton dengan menggunakan jidar manual, sehingga hal ini secara otomatis menghilangkan faktor risiko yang ada pada *task* ini.

6.7. *Task* merapikan permukaan beton

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, faktor risiko yang terdapat pada *task* merapikan permukaan beton memiliki faktor risiko yaitu pada punggung yaitu membungkuk dengan sudut sampai dengan 90° . Selain itu, gerakan repetitif juga terjadi pada pergelangan tangan.

Layout tempat kerja dan aspek desain peralatan dan merupakan penyebab terjadinya postur janggal ini dan gerakan repetitif pada pergelangan tangan. Objek

kerja yang berada di bawah (level rendah) dan penggunaan ruskam sebagai alat merapikan permukaan beton mengharuskan pekerja bekerja dengan postur tubuh membungkuk. Hal ini menyebabkan pekerja untuk mengambil posisi jongkok atau setengah jongkok. Kondisi ini diperparah dengan frekuensi dan durasi yang lama sehingga menyebabkan *task* ini termasuk beresiko menyebabkan gangguan otot rangka.

Objek kerja yang berada di bawah (level rendah) tidak dapat dimodifikasi lagi karena memang sesuai dengan tujuan dari pekerjaan yaitu pengecoran plat lantai. Modifikasi dapat dilakukan adalah terhadap alat kerja, dimana alat yang digunakan (ruskam) dapat ditambah dengan tangkai yang panjang (lihat gambar 7.4). Hal ini membantu pekerja agar tidak perlu membungkuk pada saat meratakan beton, namun dapat dilakukan dalam posisi sambil berdiri.

6.8. *Task* menggarisi permukaan beton

Berdasarkan hasil observasi pada Bab V, faktor risiko yang terdapat pada *task* menggarisi permukaan beton adalah postur janggal pada punggung dan gerakan repetitif pada bahu. Hal ini disebabkan desain alat kerja yang digunakan pekerja mempunyai tangkai yang pendek sehingga pekerja harus melakukan pekerjaan menggaris ini dengan postur membungkuk. Selain itu, karena luas permukaan yang harus digaris per slab adalah 550 m², maka gerakan repetitif pun tidak dapat dihindari. Namun pekerjaan menggarisi beton ini relatif mudah dan tanpa harus mengeluarkan tenaga yang besar, sehingga pekerjaan menggarisi beton seluas 550 m² tersebut dapat diselesaikan dengan durasi ± 30 menit. Kondisi ini dianggap tidak beresiko bagi pekerja.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor risiko gangguan otot rangka yang terjadi pada pekerjaan pengecoran adalah postur janggal, gerakan repetitive, pengerahan tenaga berlebihan, getaran dan contact stress.
2. Postur janggal yang paling sering dilakukan oleh pekerja adalah posisi membungkuk dengan sudut deviasi yang cukup besar yaitu $> 60^\circ$, dimana 5 task pekerjaan pengecoran mensyaratkan adanya postur membungkuk tersebut, yaitu terjadi pada task uji slump, penyebaran beton, meratakan beton, merapikan permukaan beton dan menggarisi beton. Pekerjaan membungkuk ini secara otomatis juga menimbulkan postur janggal pada leher. Dari 5 *tasks* tersebut, yang beresiko menyebabkan gangguan otot rangka adalah pada *task* penyebaran beton dan merapikan permukaan beton.
3. Gerakan repetitive terjadi pada 6 task yaitu pada task uji slump, menyambung pipa, penyebaran beton, meratakan permukaan beton, merapikan permukaan beton dan menggarisi beton. Dari 6 *tasks* tersebut, yang beresiko menyebabkan gangguan otot rangka adalah *task* menyambung pipa pompa, penyebaran beton, dan merapikan permukaan beton.

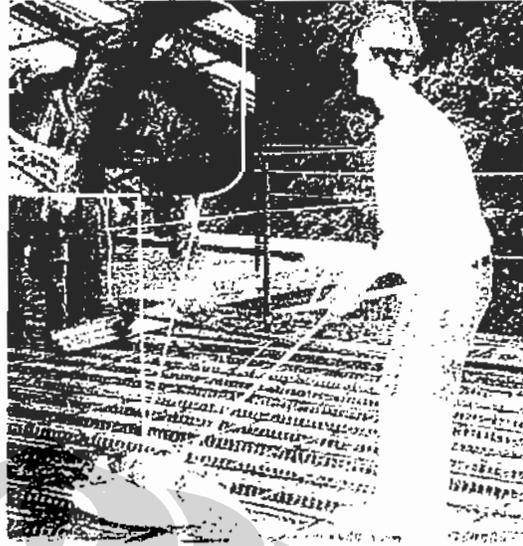
4. Pengerahan tenaga terjadi pada 2 *task* yaitu menyambung pipa pompa dan menuangkan beton. Pada *task* menyambung pipa pompa, pengerahan tenaga pada saat mengunci klemp dan kegiatan *manual handling* saat memindahkan pipa pompa tidak dapat ditetapkan apakah beresiko karena keterbatasan alat ukur dan literatur. Pengerahan tenaga pada *task* menuangkan beton dapat dianggap beresiko dari pengamatan visual peneliti dimana tergambarakan besarnya upaya pekerja saat melakukan *task* tersebut.
5. Getaran lokal pada pergelangan tangan terjadi pada *task* memadatkan beton dengan sistem vibrating. Namun tidak dapat ditetapkan apakah *task* tersebut beresiko karena keterbatasan alat ukur untuk menentukan besar getaran yang terjadi pada pergelangan tangan.
6. *Contact stress* ditemukan pada *task* menyebarkan beton. *Task* ini termasuk beresiko menimbulkan gangguan otot rangka karena berlangsung dalam durasi yang lama.
7. Penyebab terjadinya faktor risiko akibat desain alat kerja yang tidak memadai terjadi pada *task* memadatkan beton dengan sistem vibrasi, menyebarkan beton, meratakan permukaan beton, merapikan permukaan beton dan menggarisi permukaan beton.
8. Penyebab terjadinya faktor risiko akibat tempat kerja terjadi pada *task* uji slump, menuangkan beton, memadatkan beton dengan sistem vibrasi, menyebarkan beton, meratakan permukaan beton, merapikan permukaan beton dan menggarisi permukaan beton. Faktor risiko ini muncul dikarena objek kerja terletak pada level rendah (lantai) sehingga pekerjaan harus dilakukan pada postur

membungkuk. Kecuali pada *task* menuangkan beton, layout pipa yang menggantung menyebabkan munculnya faktor risiko pengerahan tenaga.

9. Aspek pengaturan kerja (*task*) yaitu durasi dan frekuensi merupakan faktor penentu beresiko atau tidaknya faktor-faktor risiko yang ditemui tersebut pada sistem otot rangka pekerja. Durasi dan frekuensi yang beresiko terjadi pada *task* menuangkan beton, memadatkan beton dengan sistem vibrasi, menyebarkan beton dan merapikan permukaan beton. Tenaga (*force*) yang juga menyebabkan pekerjaan menjadi beresiko adalah pada *task* menyambung pipa pompa, menuangkan beton dan menyebarkan beton. Postur kerja rata-rata adalah berdiri yang dalam interaksinya dengan alat kerja dan lingkungan kerja menimbulkan faktor risiko postur janggal terutama membungkuk.

7.2. Saran

1. Melakukan pengendalian terhadap faktor risiko pada *tasks* yang beresiko terhadap terjadinya gangguan otot rangka dengan pendekatan rekayasa keteknikan, pengendalian administrasi, dan penggunaan alat pelindung diri.
2. Saran pengendalian risiko dengan pendekatan rekayasa keteknikan antara lain:
 - Untuk *task* penuangan beton adalah dengan menambah panjang pipa penuangan beton sampai dapat direbahkan diatas tulangan plat sehingga tidak perlu ditahan secara manual dengan tenaga manusia. Untuk memindahkan pipa pengecoran tersebut dapat menggunakan alat berupa *skid plate*. Hal ini sesuai dengan anjuran dari NIOSH dalam Publikasi No 2007-122, *Simple Solutions: Ergonomics for Construction Workers*.



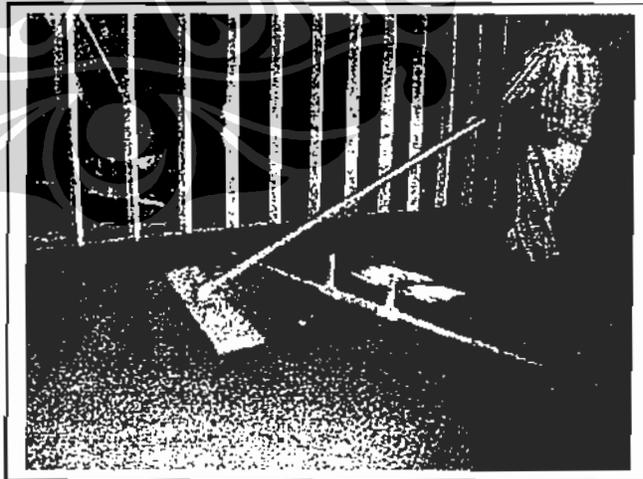
Gambar 7.1 – Penggunaan *skid plate*

- Untuk *task* menyebarkan beton dapat menggunakan alat *concrete screeding*. Pengoperasian alat tersebut adalah dengan cara didorong, dimana pekerja dapat melakukannya pada postur yang lebih baik. Alat ini juga sekaligus berfungsi sebagai jidar, sehingga selain ergonomis, alat ini juga dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pekerjaan pengecoran. Hal ini sesuai dengan anjuran dari NIOSH dalam Publikasi No 2007-122, *Simple Solutions: Ergonomics for Construction Workers*. Dengan penggunaan *concrete screeding* ini dapat sekaligus mengeliminasi *task* meratakan permukaan beton.



Gambar 7.2 – *Concrete screeding*

- Untuk *task* merapikan permukaan beton, maka alat berupa ruskam dapat ditambahkan tangkai yang mencukupi sesuai dengan postur pekerja sehingga pekerjaan merapikan permukaan ini tidak perlu dilakukan sambil berjongkok atau setengah berjongkok, melainkan dapat dilakukan sambil berdiri.



Gambar 7.3 – Modifikasi ruskam dengan tangkai panjang

3. Pendekatan administratif kontrol untuk *task* yang beresiko ergonomi sangat penting dilakukan, seperti:

- merubah aturan dan prosedur kerja, seperti mengkombinasikan waktu kerja dengan waktu istirahat
- sistem pergantian pekerja (*rotation*)
- menambah jumlah pekerjaan
- memberi pelatihan kepada pekerja agar dapat mengenali faktor risiko ergonomi dan mempelajari teknik dalam mengurangi tekanan (*stress*) dan tegangan (*strain*) dalam pekerjaannya.

Tetapi mekanisme pelaksanaan *administrative control* ini perlu diteliti lebih lanjut mengingat sifat pekerjaan proyek konstruksi yang dibatasi waktu, tenaga kerja yang berganti-ganti serta *task* bersifat *sequential*.

4. Penggunaan alat pelindung diri yang tepat juga perlu dilakukan untuk meminimalisasi risiko ergonomi, yaitu:

- menggunakan bantalan bahu pada saat memanggul pipa pada *task* menyambung pipa pompa.



Gambar 7.4 – Penggunaan bantalan bahu

- menggunakan sarung tangan tebal pada saat memegang alat vibrator pada *task* memadatkan beton dengan *vibrating system*.



Gambar 7.5 – Sarung tangan untuk meredam getaran lokal

5. Minimnya data keluhan gangguan otot rangka pada pekerja konstruksi terutama pada level buruh dan kuli adalah karena sistem kerja proyek yang dibatasi waktu dan dengan sistem tenaga kerja kontrak atau tenaga harian lepas menyebabkan permasalahan ergonomi pada pekerja konstruksi di Indonesia kurang mengemuka. Oleh sebab itu, penelitian-penelitian lanjutan yang berangkat dari adanya faktor-faktor risiko pada tiap-tiap *task* dalam pekerjaan konstruksi perlu dilakukan sehingga dapat dikembangkan desain metode kerja, alat, dan lingkungan kerja yang lebih ergonomis bagi pekerjaanya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bridger, R.S., 2003. *Introduction to Ergonomics*. Mc. Graw-Hill, Singapore
2. Brodie, M, David, Ergonomics Risk Assessment: Determining When, Why, Who and How You Should Perform One, Web E Blast
3. Christensen, J. M., 1987. *The human factors profession*. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human faktors* (pp. 3-15). New York: John Wiley & Sons.
4. Cochran et.al., 1999. *Jobs or Task Analysis for Risk Faktor of Gangguan otot rangka: The Occupational Ergonomic Handbook*. CRC Press, New York
5. Dul, Jan & Weerdmeester, emard, 2001. *Ergonomic for Biginners*. Taylor & Francis, New York.
6. Humantech, 1995, *Applied Ergonomi Training Manual*, Humantech 2nd Edition, Humantech, Inc.
7. *ICAO Digest No.I, Fundamental of Human Faktor Concepts*
8. Kilbom Å, 1994. *Repetitive work of the upper extremity; Part II: The scientific basis for the guide*. Int J Ind Erg 14:59-86.
9. Kirwan&Ainsworth, 2001. *A Guide to Task Analysis*. Taylor & Francis ltd, Britain.
10. Kroemer and Grandjean, 1990, *Fitting the Task to The Human: A Textbook of Occupational Ergonomic*, Taylor & Francis, London
11. Mc Cormick. *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*. Rand Mc Nally College Publishing Company, Chicago
12. NASA RP 1024, *Anthropometric Source Book: Volume 1: Anthropometry for Designers Anthropology Staff/Webb Associates, NASA, 7-78*

13. NIOSH, 1997, *Element of Ergonomic Program, A Prime Based on Warkplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders*, <http://www.oshainfo.gatech.edu/ergo/sld022.htm>
14. NIOSH, 2007, *Simple Solutions: Ergonomics for Construction Workers*, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-122/>
15. Pulat, B. Mustafa, 1997, *Fundamental of Industrial Ergonomic*, Waveland Pres Inc. USA
16. Osborne, J, David, 1995. *Ergonomic At Work: Human Faktor in Design and Development*. John Willey & Sons Ltd, Baffine Lane, Chiehester, England.
17. OEHHA, *A Guide to Health Risk Assessment*, California Environmental Protection Agency. <http://www.oehha.org/pdf/HRsguide2001.pdf>
18. Peasan, Stephen, 1992. *Ergonomics, Work and Health*. Aspen Publisher, Inc, Hong Kong
19. Phesant, Stephen, 1990, *Body Space: Anthropometry, Ergonomic and The Design of Work*, Taylor & Francis, London
20. Plog, Barbara A., MPH, CIH, CSP, 1998. *Fundamental of Industrial Hiegyne*. National Safety Council, Illinois
21. Queensland the Smart State, 2007, *Participative Ergonomics In Civil Construction Handbook: Reducing The Risk Of Otot rangka Injury In The Civil Construction Industry*, Joint held by: Departement of Employment and Industrial Relations, Queensland Government and University of Queensland and Curtin University of Technology
22. Smallwood, John, 2001, *Contruction Ergonomic in South Africa: An Overview*, International journal of University of Port Elizabeth

23. Sumakmur P.K.,Dr.,MSc., 1989, *Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja*, CV Haji Mas Agung, Jakarta
24. Sullivan, Kent, 1991. *Using Task Analysis in Documentation Fiels Research*. Microsoft Corporation.
25. Wells, Richard, 1998. *Integrated Analysis of Upper Extremity Disorders: The Occuptional Ergonomic Handbook*. CRC Press, New York
26. Wiehagen, J, William and Turin, C, Fred, 2004, Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Risk Factors at Four Mine Sites: Underground Coal, Surface Copper, Surface Phosphate, and Underground Limestone, Department of Health and Human Services, Pittsburgh.
27. www.ab.ust.hk/hseo/manhand/manguide.html
28. www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/risk.html
29. www.deir.qld.gov.au/workplace/law/codes/manualtasks/riskfactor/

LAMPIRAN A
GAMBARAN UMUM PROYEK DAN PEKERJAAN
PENGECORAN

A.1. Gambaran Umum Proyek

Proyek Pelebaran Jalan Tol Sudiyatmo, merupakan upaya dari PT. Jasa Marga dalam mengantisipasi banjir yang terjadi di jalan tol menuju bandara beberapa waktu lalu. Pada proyek tersebut, PT. Jasa Marga menambah lajur jalan (pelebaran) sebanyak empat lajur, untuk masing-masing dua jalur di jalan tol pada sisi kiri dan kanan jalan tol yang sudah ada, dan dengan ketinggian 1,5 meter dari permukaan air laut, karna air disana lebih tinggi dari jalan yang ada.

Proyek ini dimulai dari wilayah Pluit hingga Kamal, sepanjang 8 (delapan) kilometer dengan prioritas utama yang akan dikerjakan ruas menuju Bandara. Pelaksanaan proyek ini telah dimulai pada bulan Maret 2008 dan rencananya akan selesai paling lambat pada akhir Februari 2009 (12 bulan).

Pelaksanaan proyek pelebaran ruas tol Sedyatmo ini dibagi menjadi 3 paket pekerjaan, yaitu:

- Paket 1, dengan ruas Bandara-Simpang Susun Penjaringan, sepanjang 3 km yang dikerjakan oleh PT. Istaka Karya (Persero),
- Paket 2, dengan ruas Simpang Susun Penjaringan-Kapuk, sepanjang 4 km yang dikerjakan oleh PT. Pembangunan Perumahan (Persero), dan
- Paket 3, dengan ruas Kapuk-Pluit, 1 km, dikerjakan oleh PT. Kadi International.

PT. Pembangunan Perumahan (PP) sebagai pemenang tender untuk paket II dipilih oleh peneliti sebagai objek pengamatan dalam penelitian faktor risiko musculoskeletal disorders pada aktivitas pengecoran jalan tol ini karena volume pekerjaannya paling besar dibandingkan dengan kontraktor yang lain yang memakai metode *precast* penuh.. Selain itu, metode pelaksanaan pengecoran yang

digunakan oleh PT. PP adalah metode setengah konvensional dan setengah *precast* yaitu pengecoran. Menurut Manajer Proyeknya, metode ini dipilih karena beberapa pertimbangan, antara lain pembiayaannya lebih hemat, kecepatan pengerjaan dan ketersediaan lahan untuk penempatan beton pabrikan yang terbatas. Dengan menerapkan metode ini, maka bobot pekerjaan pengecoran dilokasi proyek menjadi lebih besar sehingga keterlibatan tenaga kerja manusia pada proses pengecoran menjadi lebih banyak.

A.2. Gambaran Umum Pekerjaan Pengecoran

Pekerjaan pengecoran adalah proses menuangkan adukan beton yang terdiri atas semen, air dan agregat ke dalam cetakan (*bekisting*) yang sudah diberi rangkaian besi-besi tulangan. Untuk volume pengecoran yang tidak terlalu besar, misalnya untuk rumah tinggal, maka proses pengadukan beton dapat dilakukan dengan manual oleh pekerja atau dengan menggunakan mesin molen. Untuk volume pengecoran yang besar, biasanya dalam skala proyek maka menggunakan beton *ready mix*, yaitu beton yang proses pengadukannya adalah dengan menggunakan truk *mixer*. Pada Proyek Pelebaran Jalan Tol Sedyatmo Tahap II, pengecoran dilakukan dengan menggunakan beton *ready mix*.

Sistem operasi pengecoran beton *ready mix* melibatkan tiga sumber daya yaitu truk *mixer*, pompa beton, dan pekerja. Pada pekerjaan pengecoran beton, terutama dengan metode konvensional sebagaimana diterapkan PT. PP tersebut, fungsi pekerja sangat penting dan cukup besar proporsinya.

Ada beberapa kegiatan pengecoran yang dilakukan pada Proyek Pelebaran Jalan Tol Sedyatmo Tahap II tersebut, yaitu pengecoran V-sell konvensional, pengecoran isi untuk V-sell *precast*, pengecoran plat lantai, pengecoran parapet, dan pengecoran U-sell. Pengecoran plat lantai merupakan volume pengecoran yang paling banyak dimana memakan waktu sampai dengan 50% dari total jadwal pengecoran, yaitu selama 2 bulan dari 4 bulan yang dijadwalkan.

LAMPIRAN B
FOTO-FOTO PENGECORAN

